

COMISION NACIONAL DE RIEGO

PROYECTOS DE EMBALSE UBICADOS EN LOS RIOS  
MAULE Y MELADO

MARZO 1978

REALIZADO POR

GRUPO GRANDES OBRAS - CEDEC

## INDICE

|                             | Página |
|-----------------------------|--------|
| b.11 Rfo Melado             |        |
| b.11.1 Laguna del Dial      | 1      |
| b.11.2 Embalse Guaquivilo   | 6      |
| b.11.3 Embalse Maule-Melado | 12     |
| b.12 Rfo Maule              |        |
| b.12.1 Embalse Colbún       | 18     |

LAGUNA DEL DIAL

### **b.11.1.- Laguna del Dial**

#### **A. Ubicación**

La Laguna del Dial queda ubicada en el extremo sureste de la provincia de Binares, unos 70 km al sur de la Laguna del Maule y a corta distancia de la línea de frontera con la República Argentina, en un punto de coordenadas geográficas de 36°25' de latitud sur y 70°55' de longitud oeste. Su altitud aproximada sobre el nivel del mar es de 1 600 m.

En la Figura 102 se puede ver su ubicación.

#### **B. Accesos**

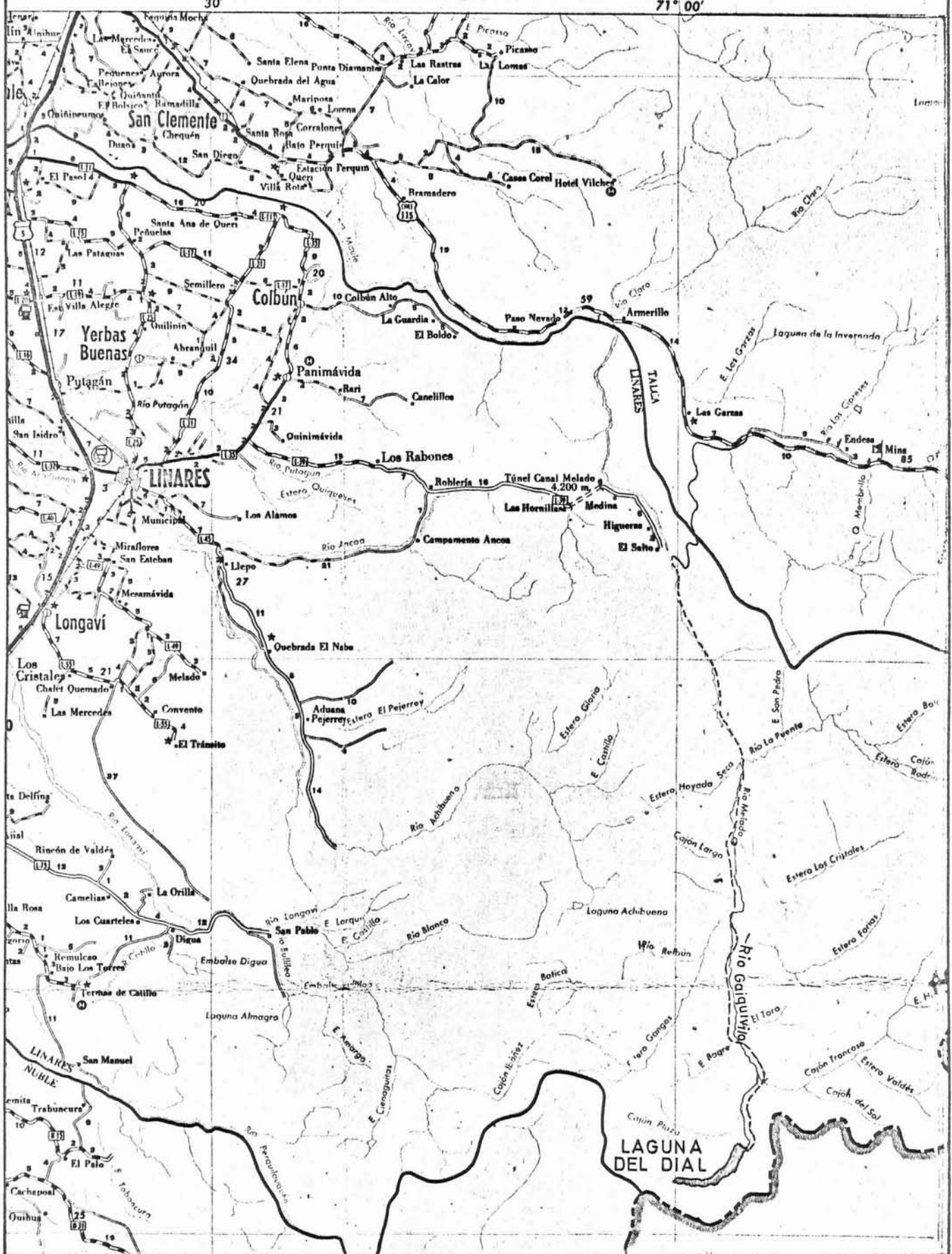
La Laguna del Dial está prácticamente aislada del valle central y del resto del país.

Para llegar a la zona de la laguna existen dos posibilidades; la primera ruta nace en el valle del río Ancon y cruza la cordillera del Melado a través del túnel del canal del mismo nombre que desemboca en la zona de Melado en La Lancha. Este camino se presenta en buenas condiciones al comienzo y muy malas al final. La segunda ruta nace en el valle del Maule, cerca de la localidad de Curillínque y se interna por la Quebrada del Enemigo para terminar en el río Melado en la localidad denominada Corral de Salas, lugar donde se juntan los dos caminos descritos. El camino Curillínque-Corral de Salas es de mala calidad y, debido a las nevadas y deshielos que se producen en su parte alta, permanece cortado las dos terceras partes del año.

Desde Corral de Salas en adelante sigue por el lado izquierdo del río un camino en mal estado, pero transitado por vehículos, que está formado por la berna del canal y que termina en la bocanoma de éste. Desde este punto hasta la zona de la Laguna del Dial la única manera de movilizarse es por medio de animales de silla, siguiendo una huela existente que corre, en su comienzo, a orillas del río Melado y luego en forma paralela al río Guatiquivilo. Entre Corral de Salas y la Laguna del Dial es necesario vadear cuatro veces el río en puntos de fácil paso para animales durante el período de estiaje. Durante el invierno y el período de deshielo no es posible alcanzar la laguna, salvo mediante el uso de helicópteros.

# LAGUNA DEL DIAL PLANO DE UBICACION

FIGURA 102



### C. Hidrología

El desague de la Laguna del Dial da origen al río Palaleo que no tiene sección de control limnimétrica. En este río se han efectuado tres corridas de aforos, en los años 1920, 1954 y 1970. En todas las ocasiones se practicó un aforo en el vado situado cerca del umbral del desague de la laguna, y además en una sección ubicada bastante a guas abajo después de haber recibido las filtraciones de la laguna.

De acuerdo con los resultados de estos aforos se deduce que el caudal de filtraciones tiene un valor prácticamente constante para los niveles normales de fluctuación de la laguna. Este valor se ha estimado en  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Los caudales afluentes a la laguna se estimaron a base de la relación precipitación-escorrentía de la zona tomando en cuenta además la producción específica de cuencas cercanas. Se obtiene así que el caudal medio afluente, en un año de condiciones hidrológicas normales, sería de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para un año 85% seco este valor se reduciría a  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El volumen afluente a la laguna en un año normal sería de 157,7 millones de  $\text{m}^3$  y en un año 85% seco alcanzaría a 126,1 millones de  $\text{m}^3$ .

### D. Topografía

Los antecedentes topográficos disponibles consisten en la carta preliminar de la zona a escala 1 : 250 000, confeccionada por el Instituto Geográfico Militar y en dos planos topográficos de planta, uno de la laguna y el otro de la zona de su desague. Estos planos se dibujaron a escala 1 : 5 000 y 1 : 1 000 respectivamente.

La laguna está rodeada de acantilados y fuertes pendientes y sólo en su cabecera se presenta un loma más suave e irregular.

La hoya hidrográfica de la laguna está cubierta con escasa vegetación de matorrales bajos y espinosos y de colronales y otros pastos.

En la Foto N° 93 se presenta una vista de la Laguna del Dial.

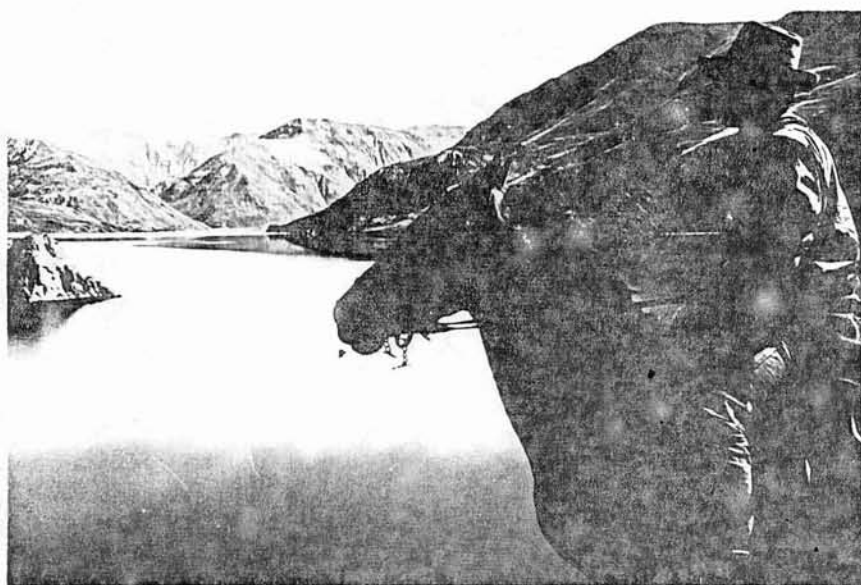


FOTO N° 93

Laguna del Día1

## E. Geología

Se han emitido dos informes relativos a la geología de la Laguna del Dial. El Dr. J. Bruggen publicó el primero de ellos en el año 1920. Para ello se basó en una detenida visita de inspección al lugar de la laguna. En 1962, el ingeniero Ricardo Fenner efectuó una nueva visita a la zona, de corta duración, producto de la cual es el segundo informe relativo a la geología de la laguna.

Según el informe del Dr. Bruggen, la laguna está rodeada de rocas que con gran pendiente caen hacia el agua y sólo en la parte inferior se halla un loma irregular, una gran morrena terminal que ha estancado las aguas. Estas morrenas presentan un aspecto muy raro debido a la enorme acumulación de bloques gigantescos. La acumulación de bloques causa una permeabilidad considerable. El agua de las lluvias y de la nieve se infiltra inmediatamente. En algunas partes de gran pendiente se presentan zonas arenillosas en las cuales la cantidad de bloques ha disminuido y estos se presentan dentro de la masa fundamental de arcilla.

Agrega el Dr. Bruggen que la alta permeabilidad de la morrena queda comprobada por la existencia de numerosas vertientes que se encuentran en la falda oriental. Todas estas vertientes están en la zona de contacto de la morrena con la roca fundamental.

El ingeniero Fenner, en su informe, descarta el posible origen glacial de la laguna y le atribuye a un derrumbe de la ladera oriental del río Cisternas, a juzgar por un gran anfiteatro, cuyo volumen es comparable al volumen del tranque. Este estaría formado por bloques de la formación porfirítica que no acusan orientación alguna. El origen de la laguna quedaría comprobado, según el ingeniero Fenner, por las abundantes filtraciones que se observan aguas abajo de ella, la ausencia de morrenas en el río Bagres y la extraordinaria regularidad de las capas de la formación porfirítica, aguas abajo del derrumbe y en la loma que separa los ríos Cisternas y Bagres.

## F. Geotecnia

El emplazamiento de una posible estructura de regulación en el desague de la laguna quedaría dificultado por el material, compuesto por finos y grandes bloques, en que debería fundarse.

Se espera que la construcción de un túnel que conecte el fondo de la laguna con el río Bagres no presente mayores problemas dada la relativa buena calidad de la roca.

## **6. Características de las obras de embalse**

### **6.1 Embalse**

La laguna posee un ancho medio del orden de 800 m y una longitud del orden de los 8 000 m, es decir, una superficie cercana a los 6,5 km<sup>2</sup>. No se conoce la profundidad de la laguna, pero es admisible asignarle, en virtud de la probable pendiente del primitivo valle y de la longitud de la laguna, una profundidad cercana a los 100 m.

El volumen afluente a la laguna en un año normal se estimó en 157,7 millones de m<sup>3</sup> mientras que en un año 85% seco se reduciría a 126,1 millones de m<sup>3</sup>. Si a estos volúmenes se le descuentan las pérdidas por filtraciones resulta que la parte aprovechable de ellos se reduciría a 107,2 millones de m<sup>3</sup> y 75,6 millones de m<sup>3</sup> respectivamente.

La Figura 103 muestra la curva de embalse de la laguna para la zona comprendida entre las cotas 1 580 y 1 600 m. Esta curva se ha obtenido de un informe, publicado en el año 1970 por el ingeniero Hans Kienmayer, denominado "Proyecto de Regulación de la Laguna del Dial". La curva se ha deducido suponiendo, en la zona considerada, que las paredes de la laguna son verticales. La superficie de la laguna que esta curva considera es de 7,1 km<sup>2</sup>.

### **6.2 Obras de entrega**

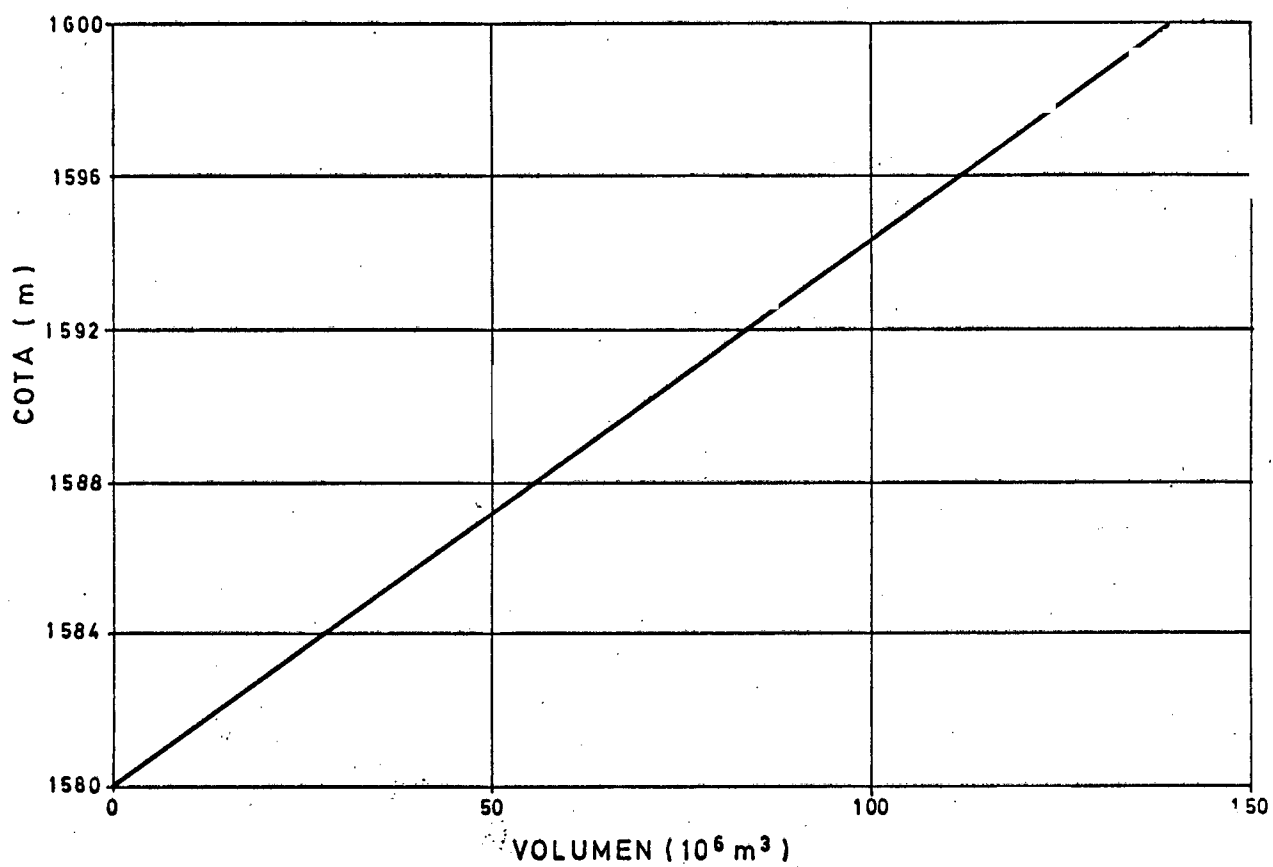
Las posibilidades más atractivas de extraer agua de la Laguna del Dial son las que a continuación se describen:

- a) Las obras hidráulicas necesarias para esta alternativa consisten en esencia en un canal de evacuación que rebajaría el umbral natural de desague, una obra reguladora equipada con una compuerta de sector y una sección de control de gasto.

Mediante esta alternativa se extraería de la laguna el volumen afluente útil anual durante el período de regadío.

- b) Esta alternativa considera la construcción de un túnel de unos 1 500 m de longitud que conectaría la laguna con el estero Los Bagres. Este túnel debería construirse a una cota bastante inferior a la de la superficie de la laguna, de modo de poder utilizar una gran parte de las aguas embalsadas en las épocas de mayor estiaje.

LAGUNA DEL DIAL  
CURVA DE EMBALSE



Si en un período se vaciara la laguna, los caudales afluentes a ella no serían suficientes para llenarla sino hasta pasado un par de años.

## II. Superficie por regar

La Laguna del Dial podría utilizar sus recursos apoyando al embalse Colbún en las épocas de mayor estiaje. Así, a este último se le dotaría de una mayor seguridad para cubrir las demandas de regadío que le fueran impuestas.

## I. Conclusiones

Conforme a los escasos antecedentes disponibles, la materialización de alguna de las alternativas de aprovechamiento de la laguna sería factible. Deberán efectuarse mediciones hidrológicas y estudios geofísicos que proporcionen antecedentes más concretos para confirmar la factibilidad técnica y económica del proyecto.

Aparentemente resulta más atractiva la alternativa de aprovechamiento de la laguna que considera la construcción de un túnel capaz de desviar el total de sus recursos hacia el estero Los Bagres. Así se dispondría de un volumen de agua importante en los años más secos.

Por el momento el aprovechamiento de la Laguna del Dial no parece muy atractivo pues aguas abajo, en serie hidráulica con ella, existen proyectos de embalses que permiten regular caudales mayores. Se piensa, entonces, en postergar los estudios relativos a este aprovechamiento hasta que las demandas de regadío obliguen a su reconsideración.

ENBALSE GUATIMUYILO

### **b.11.2.- Embalse Gualquivilo**

El embalse Gualquivilo es un proyecto de uso múltiple para riego y energía. Su capacidad, 600 millones de m<sup>3</sup>, se ha determinado considerando los beneficios que la obra produciría tanto desde el punto de vista de riego como de generación hidroeléctrica.

A continuación se describen las características generales del proyecto.

#### **A. Ubicación**

El sitio de la presa de este embalse se ubica en el río Gualquivilo, unos 10 km aguas arriba de la confluencia con el río La Puente, a una altura sobre el nivel del mar de 1 100 m aproximadamente.

Las coordenadas geográficas del lugar de la presa son de 36°13' de latitud sur y de 70°56' de longitud oeste. En la Figura 104 se puede ver la ubicación del embalse.

#### **B. Accesos**

Los accesos al valle del río Gualquivilo son actualmente difíciles e inseguros. Las posibilidades de llegar a la zona del embalse son dos; la primera ruta cruza la cordillera del Melado a través del túnel del canal del mismo nombre, que desemboca en la zona de Melado en La Lancha. La segunda ruta nace en el valle del Maule, cerca de la localidad de Curillínque y se interna por la quebrada del Enemigo para terminar en el río Melado en la localidad denominada Corral de Salas, lugar donde se juntan ambas rutas.

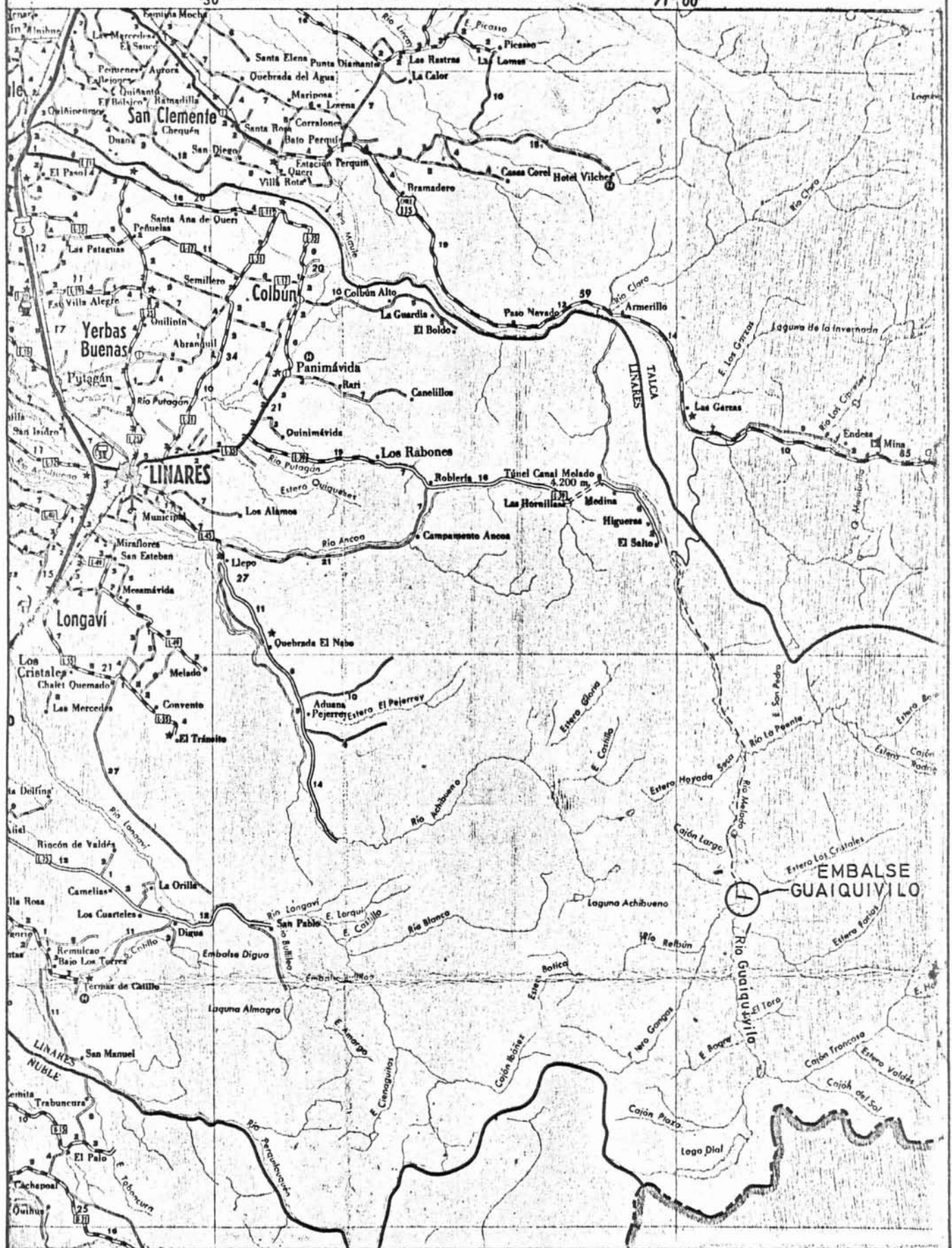
La primera ruta nace en el valle del río Ancoa, presentándose en buenas condiciones al comienzo y muy malas al final. Debido a que emplea el túnel como medio de acceso, sólo puede ser utilizado cuando el canal Melado está fuera de servicio, es decir, en la época de invierno.

El camino Curillínque-Corral de Salas es de mala calidad y permanece cortado las dos terceras partes del año, debido a las nevadas y deshielos en su parte alta, por lo que se complementa con la otra vía que es intransitable en verano.

Las rutas antes descritas convergen en el lugar denominado Corral de Salas. Desde este lugar en adelante sigue un camino en

# EMBALSE GUAQUIVILLO PLANO DE UBICACION

FIGURA 104



mal estado pero transitable por vehículos que termina en la bocatoma del canal Melado. Desde este punto hasta el sitio del embalse Guaquirivilo la única manera de movilizarse es por medio de animales de silla.

### C. Hidrología

La superficie de la cuenca afluyente al embalse es del orden de los 1 150 km<sup>2</sup>.

Los datos hidrológicos de la cuenca se han derivado de las estadísticas de la estación fluviométrica Guaquirivilo en Guaquirivilo, que se ubica en el punto de coordenadas 36°11' de longitud sur y 70°56' de latitud oeste. El caudal medio anual afluyente al embalse es del orden de 53,0 m<sup>3</sup>/s, reduciéndose este valor a 35,5 m<sup>3</sup>/s en un año 85% seco.

Los volúmenes que dichos caudales aportarían serían de 1 671 millones de m<sup>3</sup> en promedio y de 1 119 millones de m<sup>3</sup> en el año 85% seco. De este último volumen la parte correspondiente a 307 millones de m<sup>3</sup> llegaría en el período abril-septiembre.

### D. Topografía

Los antecedentes topográficos disponibles consisten en la carta preliminar de la zona a escala 1 : 250 000, confeccionada por el Instituto Geográfico Militar, y un plano a escala 1 : 25 000 confeccionado por la ENDESA. Este plano se dibujó basándose en fotografías aéreas a escala 1 : 65 000 y en puntos de referencia tomados mediante altímetro en una visita de reconocimiento.

En la zona en que se ubicaría la presa el ancho basal del valle es de alrededor de 50 m. Las laderas de éste presentan inclinaciones aproximadas de 1,4/1 (H/V) en el lado derecho y 1,2/1 (H/V) en el izquierdo. El aspecto que presenta esta zona puede observarse en las Fotos N°s 94 y 95 y en el corte transversal esquemático de la Figura 105 A.

La zona de inundación de la presa es relativamente angosta y larga, alcanzando a influenciar parte importante del valle del río Relbón. Este es un afluyente del Guaquirivilo que se junta con él unos 3 kilómetros aguas arriba del lugar de emplazamiento de la presa.



FOTO N° 94

Vista panorámica, tomada hacia aguas arriba, de la angostura del embalse Guaiquivilo.

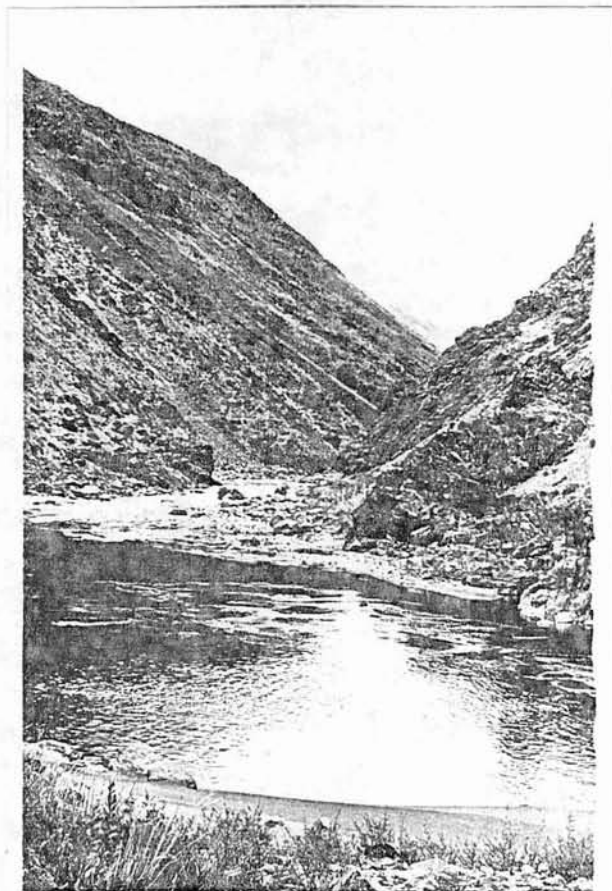
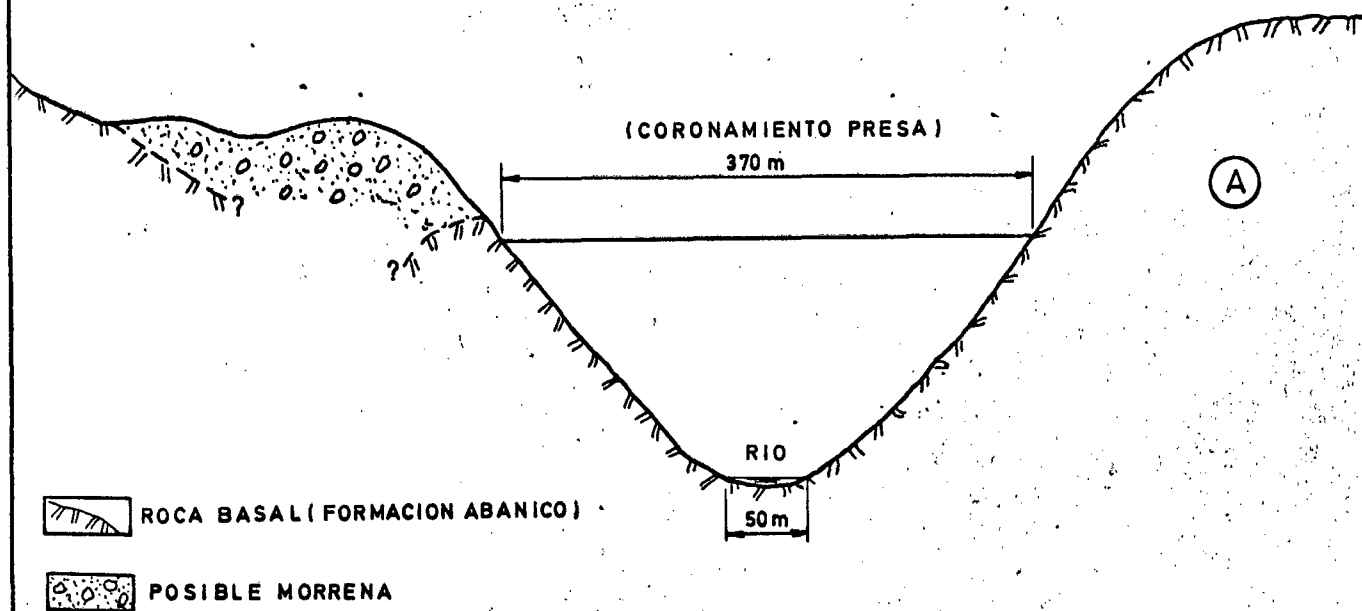


FOTO N° 95

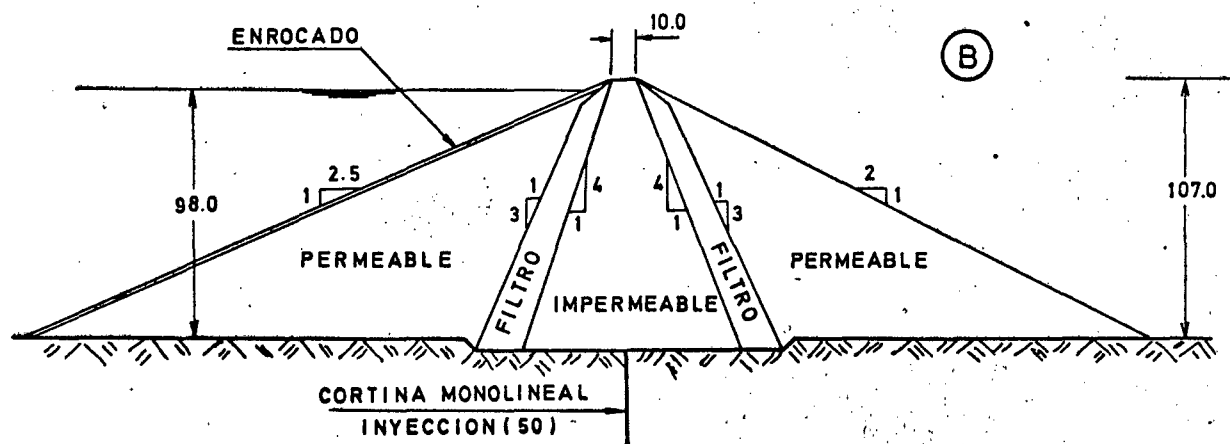
Vista de la angostura Guaiquivilo tomada hacia aguas abajo.

# EMBALSE GUAQUIVILO RIO GUAQUIVILO

## CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA



## PERFIL LONGITUDINAL POR EL EJE DE LA PRESA



## E. Geología

Los antecedentes disponibles para el conocimiento de la geología de la zona consisten en fotografías aéreas (escala 1 : 65 000), planos topográficos (escala 1 : 250 000 y escala 1 : 25 000) y algunas publicaciones relativas a la geología de la zona.

De acuerdo con estos antecedentes se concluye que la angostura donde se ubicaría la presa del embalse Guaiquivilo contiene especialmente rocas estratificadas supuestas de la edad Cretácica y correspondientes a la llamada Formación Abunico. Estas rocas están formadas por capas que incluyen preferentemente rocas volcánicas de naturaleza andesítica, con predominio de brechas y tobas, y en forma generalmente más restringida, rocas sedimentarias continentales del tipo conglomerados, areniscas y lutitas. Cerca del emplazamiento del muro del embalse se encuentran rocas graníticas intrusivas que se consideran de edad igualmente cretácica, pero más nuevas que las estratificadas a las cuales estarían intruyendo. Macizos graníticos menores o aislados se reconocen también a unos 8 km al oeste del lugar de ubicación del muro y a unos 20 km directamente al sur del lugar. Interesa destacar, además, la existencia de materiales sedimentarios cuaternarios, sueltos o no consolidados, los cuales engloban principalmente los acarreos fluviales propios de la acción de acumulación del río Guaiquivilo y depósitos de escombros de fallas.

Los sedimentos del fondo del valle consisten en materiales gruesos, con abundantes bloques o bolones, muy permeables.

En ambos costados de la angostura existen rocas estratificadas asimilables a la Formación Abunico. Están fuertemente fracturadas y la inclinación general de sus estratos es de unos 40° al oeste, lo que favorecería, potencialmente, el desarrollo de corrientes y derrumbes en el lado derecho durante las excavaciones a tajo abierto que tendrían que hacerse para fundar la presa. Al problema potencial creado por la inclinación de capas en el lado derecho se agrega, en ese costado, un aparente mayor fracturamiento de las rocas y una mayor densidad de fracturas importantes o fallas.

El costado izquierdo muestra hacia la parte alta niveles aterrazados bastante conspicuos y que sugieren en principio la existencia de un remanente morrénico que pueda estar ocultando la existencia de un antiguo lecho. En todo caso, y aunque en la ladera que desciende al río desde el lado izquierdo se aprecian rocas similares a las del otro costado, no cabe duda de la conveniencia de realizar prospecciones

muy detalladas para definir el verdadero origen de los niveles aterrazados mencionados.

El espesor del relleno fluvial en la zona de la angostura se estima mínimo, por lo cual la fundación de la presa quedaría apoyada directamente sobre la roca.

Finalmente, se observan sistemas de fracturamiento y en partes de fallamiento que comprometen especialmente la zona más ancha del valle que se presenta a poco menos de 1 km río arriba del lugar de emplazamiento de la presa. Estos deberían ser reconocidos con el objeto de determinar su verdadera magnitud e importancia para el proyecto, con precisiones geológicas de superficie y de detalle.

## F. Geotecnia

Las fracturas de la roca que se observan en ambos lados de la garganta hacen suponer que se originarían filtraciones de importancia. A fin de eliminar estos problemas se deberán sellar las grietas de la roca, especialmente las del lado derecho, inyectándolas durante la construcción.

Las características superficiales de la roca (heterogeneidad y grado de fracturamiento) hacen aconsejable pensar en la inconveniencia de disponer un muro de hormigón.

La calidad de las rocas observada en superficie permite suponer que los túneles de desviación por excavarse deberán ser revestidos con hormigón y posiblemente requieran entibación durante su construcción.

Como fuente de empréstitos de material impermeable podrán utilizarse las morrenas que abundan en la zona.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

El muro que se ha considerado es del tipo por zonas con un núcleo centrado y espaldones de fluviales. El talud de aguas arriba tendría una pendiente de 2,5/1 y el de aguas abajo de 2,0/1. Las caras del núcleo serían inclinadas con pendiente de 1/4. En contacto con sus caras anterior y posterior se encontrarían las zonas de filtro que tendrían pendientes de 1/3 en sus uniones con los espaldones.

La altura adecuada de la presa es de 107 m. En el coronamiento tendría un ancho de 10 m y una longitud de unos 370 m. La Figura 105 B muestra un perfil longitudinal por el eje de la presa.

El muro de estas dimensiones tiene un volumen total de 5 045 000 m<sup>3</sup>. La Figura 106 A muestra la variación del volumen de la presa con su altura.

Para eliminar las filtraciones laterales y bajo el muro se deberán sellar las grietas de la roca inyectándolas durante la construcción.

La desviación del río durante la construcción de la presa se llevaría a cabo mediante un túnel que se emplazaría al lado derecho de ella. Sería un túnel revestido con hormigón de sección herradura normal, de 9,0 m de diámetro y de 700 m de longitud. La capacidad de esta obra sería de 750 m<sup>3</sup>/s, correspondiente a la crecida con período de retorno de 20 años.

La obra de evacuación de crecidas consistiría en un vertedero lateral, que mediante un pique inclinado se conectaría a la parte final del túnel de desviación. La disipación de energía al fin del túnel se haría mediante un rápido de descarga terminado en curva que lanzaría en la dirección del escurrimiento del río. La capacidad de las obras de evacuación de crecidas sería de 1 240 m<sup>3</sup>/s, valor correspondiente a la crecida con período de retorno de 1 000 años.

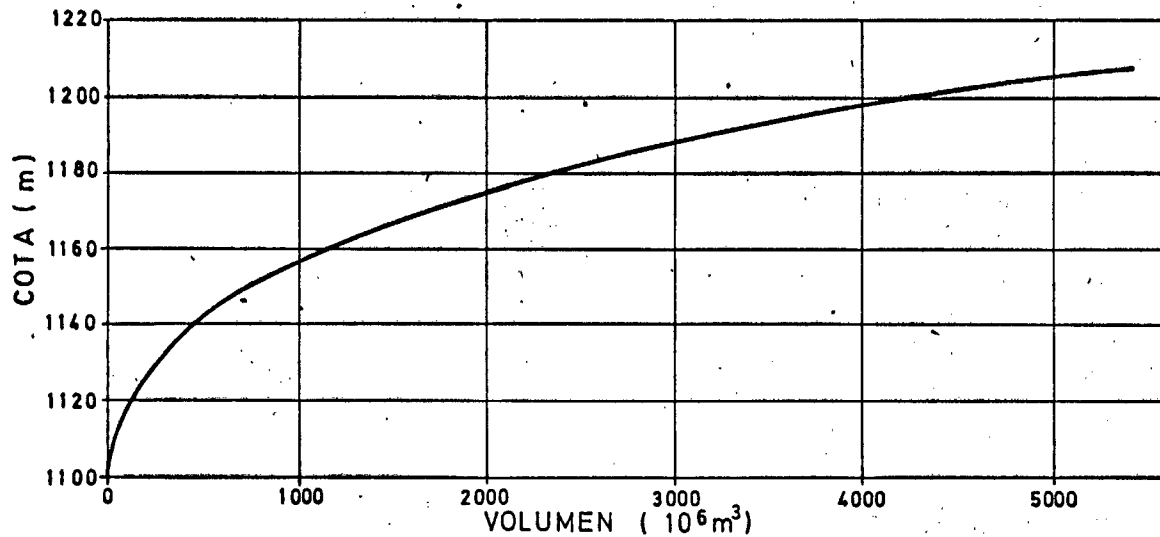
## 6.2 Embalse

Las curvas características de superficies de inundación y volumen embalsado en función de la altura se muestran en el Gráfico B de la Figura 106. La primera de estas curvas se obtuvo del plano topográfico escala 1 : 25 000, mientras que la segunda ha resultado por integración de la anterior.

La cota de aguas máximas del embalse correspondería a la 1 198 m y la de aguas mínimas a la 1 132 m. Conforme a las curvas características del embalse el volumen total embalsado alcanza a los 600 millones de m<sup>3</sup>, mientras que el volumen útil de éste es de 550 millones de m<sup>3</sup>.

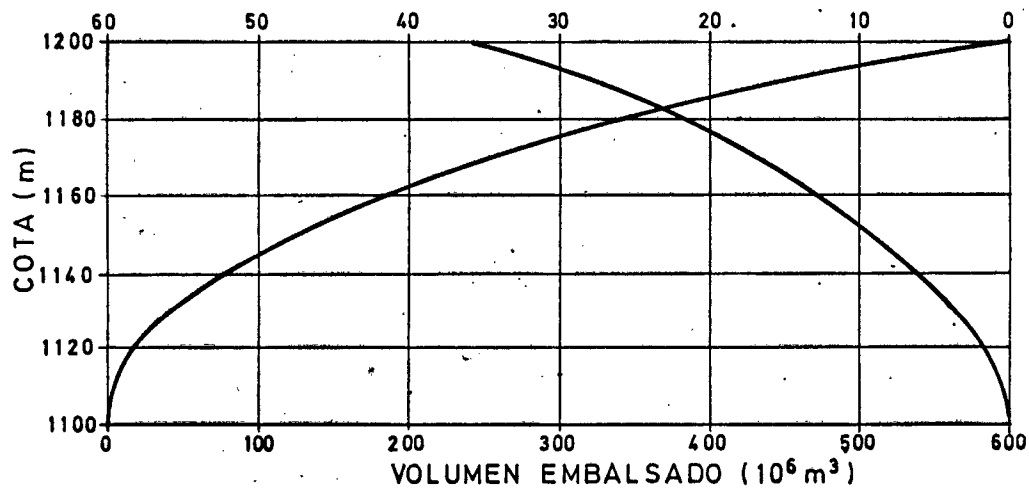
El volumen que aporta el río Guaiquivilo al embalse en un año 05% seco alcanza a los 1 119 millones de m<sup>3</sup>.

# EMBALSE GUAQUIVILO RIO GUAQUIVILO VOLUMEN ESTIMADO DE LA PRESA



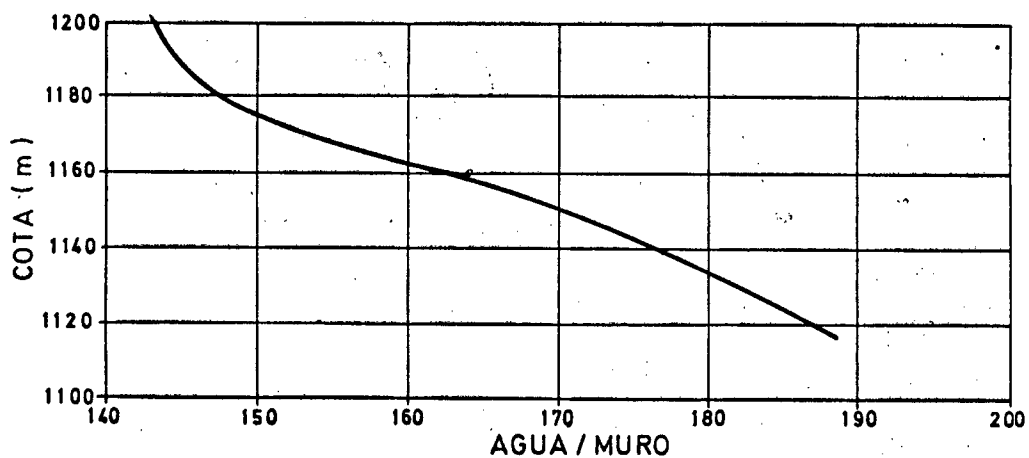
(A)

## CURVAS CARACTERISTICAS SUPERFICIE INUNDADA ( $Km^2$ )



(B)

## RELACION AGUA / MURO



(C)

La relación agua/muro del embalse se muestra en el Gráfico C de la Figura 106.

#### H. Superficie por regar

Dada su ubicación, el embalse podría regular sus caudales con el fin de apoyar al embalse Colbún en la época que en éste escaseen los recursos. Además, los caudales del embalse Guaquivilo podrían utilizarse para efectuar trasvases de la hoya del río Maule hacia otras ubicadas más al norte. Estas trasvases podrían efectuarse mediante prolongaciones de los canales Maule Norte, restitución Machicura o mediante la construcción de otro canal que resulte adecuado para esos efectos.

#### I. Conclusiones

Los antecedentes geológicos indican que la construcción del embalse Guaquivilo sería técnicamente factible. Sin embargo, para confirmar este hecho deben efectuarse diversos estudios geofísicos que así lo demuestren.

El proyecto del embalse considera el uso de los recursos tanto para el sector riego como para generación hidroeléctrica.

La capacidad del embalse, 600 millones de m<sup>3</sup>, se determinó mediante una serie de estudios de regulación que lo consideraron operando como apoyo del embalse Colbún. Se tomaron en cuenta los beneficios que la obra produciría desde el punto de vista del riego de la zona y de la generación hidroeléctrica. La capacidad del embalse Colbún es insuficiente para retener los caudales afluentes a él en el período de deshielo. El embalse Guaquivilo, que funcionaría en serie hidráulica con Colbún aportaría a éste una capacidad adicional haciendo posible que los recursos de deshielo sean regulados en mejor forma. Aun cuando la capacidad total del Guaquivilo no podría ser completada en el período abril-septiembre de un año seco, puede pensarse en capacidades de él todavía mayores que permitan regular la totalidad de los recursos de deshielo. Esta posibilidad se torna atractiva al considerar trasvases de caudales desde la hoya del río Maule hacia terrenos situados al norte de ella.

La relación agua/muro del embalse destaca la economía de la obra desde el punto de vista de riego. Esta alcanza a valores cercanos a 140 para la altura de muro propuesta.

EMBALSE MAULE MELADO

### b.11.3.- Embalse Maule Melado

El embalse Maule Melado considera el uso múltiple de sus recursos para los sectores de riego y energía. Su volumen de regulación, 130 millones de m<sup>3</sup>, se determinó considerando este hecho.

Se describen a continuación las características generales del proyecto.

#### A. Ubicación

Este proyecto usa conjuntamente las aguas de los ríos Maule y Melado, las que acumula en un embalse emplazado en una angostura de este último río, que se encuentra 5 km aguas arriba de su confluencia con el río Maule.

Las coordenadas geográficas del lugar de la presa son de 35°45' de latitud sur y 71°5' de longitud oeste. En la Figura 107 se puede observar la ubicación del embalse.

#### B. Accesos

El lugar de emplazamiento de la presa sólo puede accesarse mediante recorridos a pie o animales de silla.

Existen principalmente dos caminos de aproximación que permiten acercarse al lugar de la presa. Tales caminos se describen a continuación:

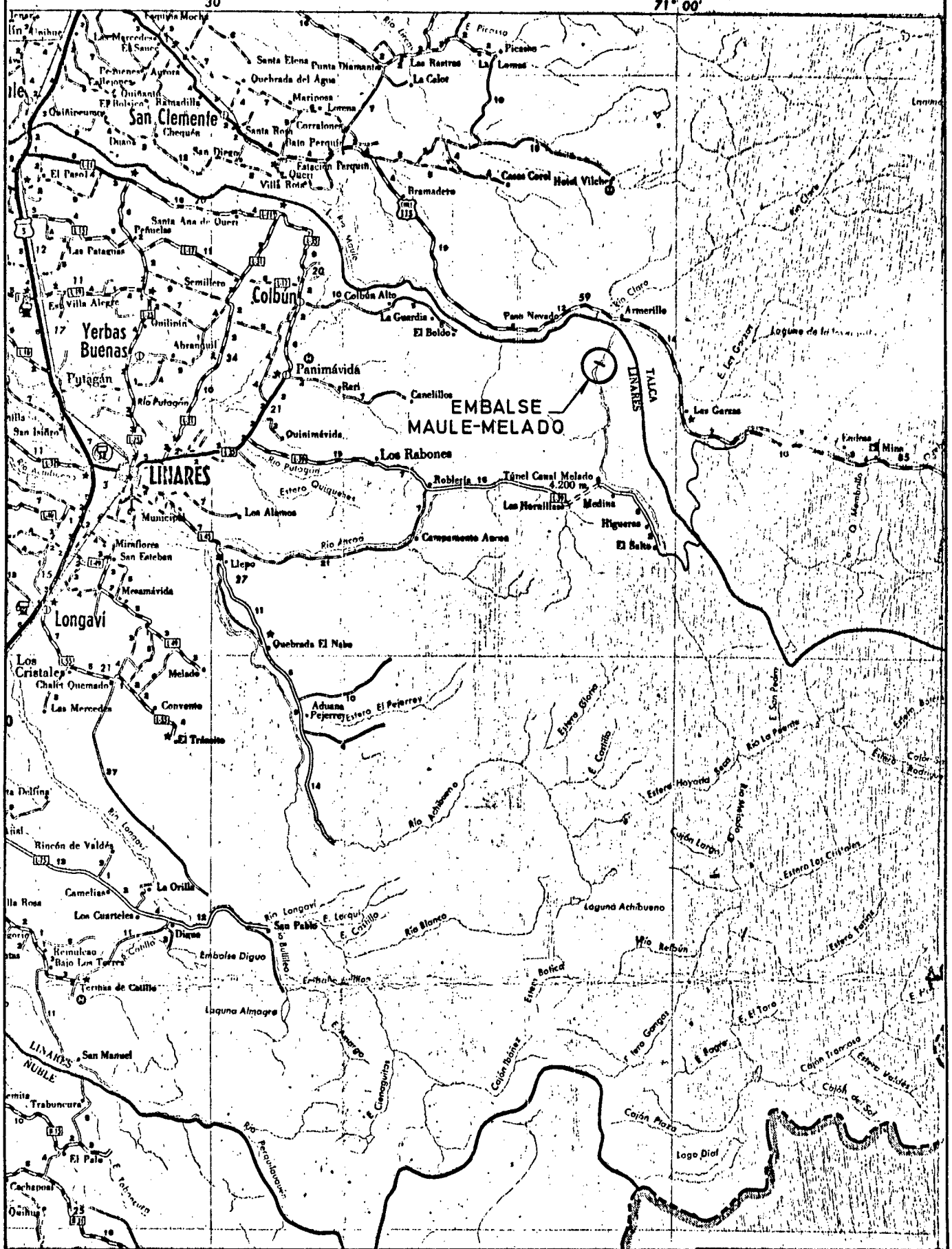
##### a) Camino Talca-Puente Curillínque.

Está pavimentado desde Talca hasta poco antes del pueblo de Perquín (aproximadamente 30 km), el resto es un camino de tierra utilizable durante todo el año con cualquier tipo de vehículo. El trazado de este camino, que va por el costado norte del río Maule, permite llegar a la ubicación de la estación fluviométrica Maule en Armerillo y alcanzar, previo cruce del río mediante el cable de la estación fluviométrica, los senderos, apropiados sólo para animales de silla, que llevan al lugar de emplazamiento de la presa. La estación fluviométrica Maule en Armerillo dista aproximadamente 77 km de la ciudad de Talca.

Este camino, al alcanzar el puente Curillínque, permite seguir avanzando por la ribera norte del río Maule llegando a

# EMBALSE MAULE-MELADO PLANO DE UBICACION

FIGURA 107



a las centrales Cipreses e Isla, o cruzar el río mediante el citado puente y llegar hasta Paso Pehuénche, en el límite con la República Argentina.

- b) Camino desde el puente Curillínque a Quebrada El Enemigo-Corral de Salas.

Es una ruta netamente de temporada. Nace en el puente Curillínque (ubicado a unos 103 km de la ciudad de Talca) y después de recorrer unos 25 km alcanza el río Melado en el lugar denominado Corral de Salas empalmando con un sendero que sigue por la ribera derecha del río Melado hasta la confluencia de éste con el Maule.

Estos caminos se muestran en la Figura 107.

#### C. Hidrología

La cuenca propia del río Melado afluente al embalse es de 2 250 km<sup>2</sup> y el río Maule aguas arriba de su captación tiene una cuenca de 2 490 km<sup>2</sup>. El caudal promedio afluente al embalse alcanza a 189 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 106 m<sup>3</sup>/s los aporta el río Melado y 83 m<sup>3</sup>/s la captación en el río Maule (caudal de diseño 100 m<sup>3</sup>/s).

Para un año 85% seco, el caudal total afluente es de 146 m<sup>3</sup>/s correspondiendo 66 m<sup>3</sup>/s al río Melado y 80 m<sup>3</sup>/s al caudal captado en el río Maule.

El volumen afluente al embalse en condiciones medias es de 5 960 millones de m<sup>3</sup> mientras que el escurrido de abril a septiembre en un año 85% seco es de 1 850 millones de m<sup>3</sup>.

#### D. Topografía

La información topográfica disponible se encuentra en las planchetas escala 1 : 50 000 del Instituto Geográfico Militar "Vilches" y "El Melado", en los planos a escala 1 : 10 000 de todo el valle del río Melado y en los planos a escala 1 : 2 000 de la zona de la presa. Estos dos últimos han sido confeccionados por la ENDESA. Se cuenta además con fotografías aéreas escala 1 : 8 000 de la zona de las obras y a escala 1 : 30 000 de la zona del embalse.

La angostura en que se ubicaría la presa tiene un ancho basal de unos 120 m. A la altura del coronamiento el ancho es de 405 m. El talud de las laderas en el lado derecho es de 2 : 1 (H/V) y en el

lado izquierdo 1 : 2. Un corte transversal esquemático por la angostura puede observarse en la Figura 108.

La zona de inundación es bastante estrecha y esto, unido a la fuerte pendiente del río en esa zona (1,0%) sólo permite acumular un pequeño volumen de regulación en el embalse.

### E. Geología

Existe un informe hecho recientemente por la ENDESA sobre la geología de la zona comprometida por las obras.

El emplazamiento de la presa se sitúa en el batolito granítico del río Melado, por lo que la roca presenta buenas características geotécnicas. En el lado derecho, esta roca se encuentra cubierta hasta una altura de unos 90 m sobre el río por escombros de falda, cuyo máximo espesor se estima en unos 10 m. El piso del valle se presenta relleno por sedimentos fluviales de poca potencia, mientras que la ladera izquierda, dada su fuerte pendiente, se encuentra casi limpia de materiales no consolidados. Para la fundación del núcleo de la presa será necesario remover todos estos materiales.

La roca de la angostura, especialmente la del lado derecho, está recorrida por fracturas, muchas de ellas del tipo de diaclasas, las cuales tienden a constituir una red ortogonal que da origen a bloques. Estas fracturas tienen tendencia a presentarse soldadas e impermeables a poca profundidad por lo que no significan un obstáculo para la construcción de una presa.

Cabe destacar que en las cercanías de la presa no se observan estructuras geológicas como fallas o zonas de excesivo fracturamiento que pudieran comprometer la seguridad de una presa erigida en esta angostura.

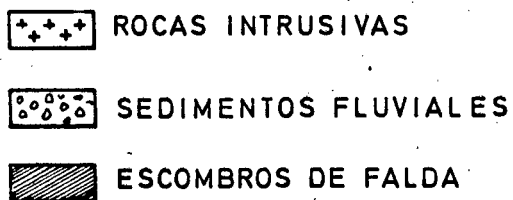
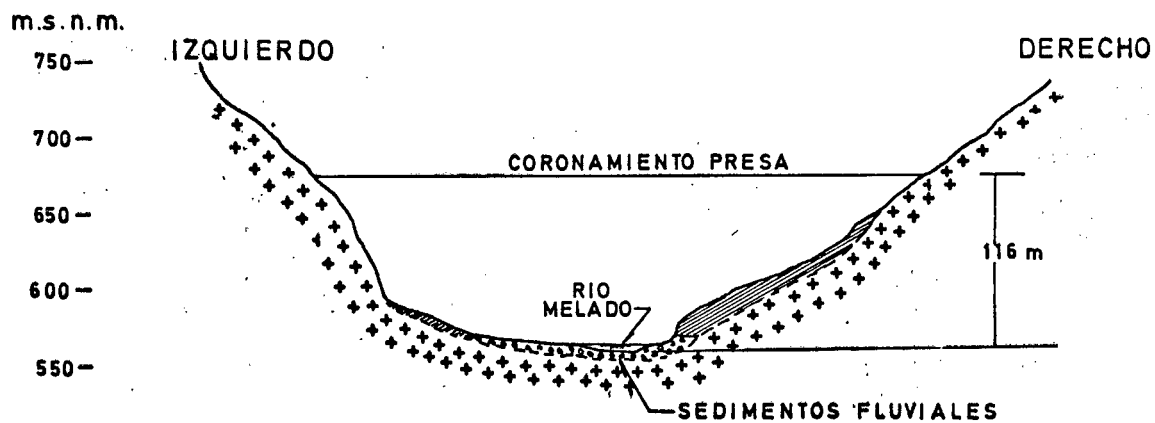
Tampoco se presentan problemas con el vulcanismo, pues aunque existen centros volcánicos cercanos que han estado activos en tiempos geológicamente recientes, una reactivación de ellos no comprometería la seguridad de las obras.

### F. Geotecnia

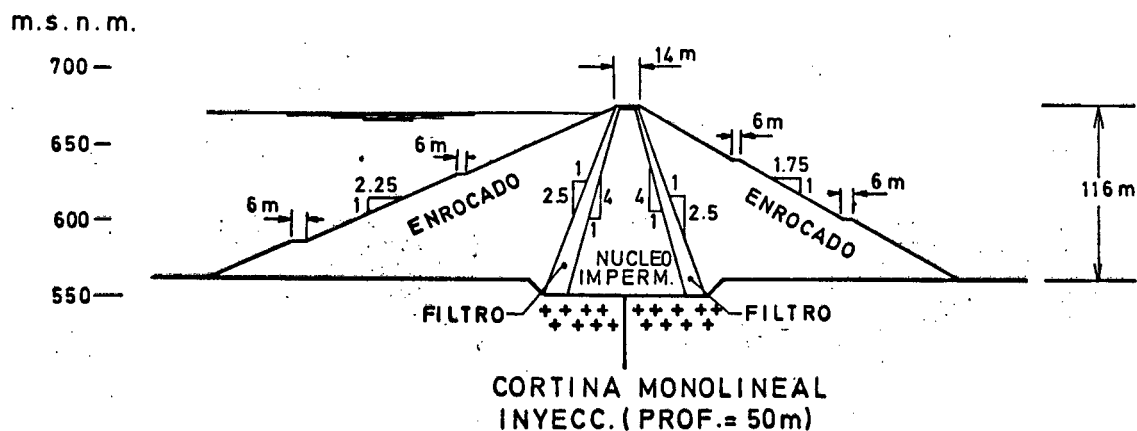
Como ya se estableció en el estudio geológico, no se prevén problemas serios que pongan en duda la factibilidad técnica de esta obra. Sin embargo, hay que considerar que será necesario excavar los

# EMBALSE MAULE MELADO RIO MELADO

## CORTE TRANSVERSAL DE LA ANGOSTURA



## PERFIL POR EJE LONGITUDINAL DE LA PRESA



depósitos fluviales y los escombros de falda para fundar el núcleo impermeable de la presa, como también impermeabilizar la roca mediante inyecciones.

El material necesario para los enrocados del muro de beré obtenerse de canteras, las que podrán quedar ubicadas a poca distancia del muro. Los materiales impermeables para el núcleo son más escasos en la zona, no contándose aún con antecedentes que permitan afirmar o negar su existencia a distancias convenientes de las obras.

El tratamiento de impermeabilización a que debería ser sometida la roca en que se fundará el núcleo de la presa consistirá en una cortina monolítica de inyecciones que alcanzará una profundidad de 50 m.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

El tipo de presa más adecuado para esta angostura es el por zonas, con espaldones de enrocado de taludes  $2,25 : 1$  en el lado de aguas arriba y  $1,75 : 1$  en el lado de aguas abajo. El núcleo impermeable se ubicaría en forma simétrica y tendría sus caras inclinadas en un talud de  $1 : 4$ . El contacto de los filtros con los espaldones sería de una pendiente  $1 : 2,5$ . El ancho del coronamiento será de 14 m y el núcleo tendrá un ancho máximo de 6 m en su parte superior.

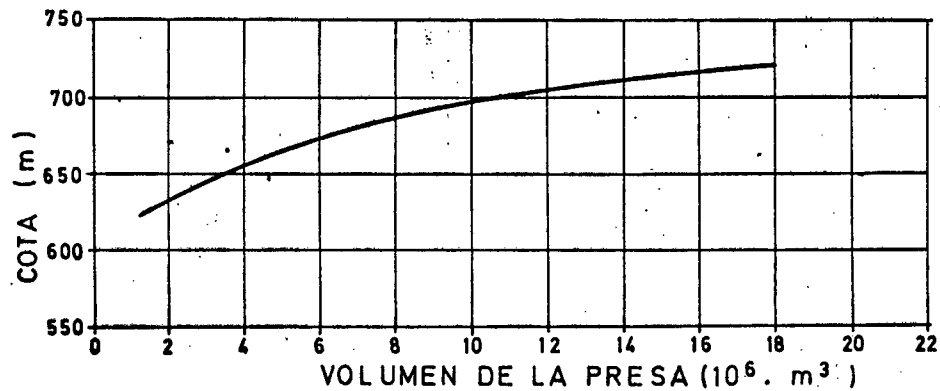
El diseño descrito para esta presa se muestra en la Figura 108. La curva de volúmenes de presa en función de la altura aparece en el Gráfico A de la Figura 109. Para la altura considerada de 116 m el volumen de la presa es de 6,5 millones de m<sup>3</sup>.

La evacuación de crecidas se haría mediante un vertedero frontal, ubicado en la ladera derecha de la angostura, seguido de un rápido de descarga terminado en salto de esquí. La capacidad de este vertedero sería de 2 300 m<sup>3</sup>/s, que corresponde al gasto máximo de la crecida de probabilidad  $1 : 1 000$ .

La desviación se hará mediante un túnel de 12,10 m de diámetro y sección en herradura normal, probablemente ubicado en el costado izquierdo de la angostura. La atagüa de aguas arriba tendría una altura de 24 m y quedaría incorporada a la presa. La atagüa de aguas abajo tendría una altura de 12 m. La capacidad de las obras de desviación sería de 1 200 m<sup>3</sup>/s que corresponden al caudal máximo de la crecida de probabilidad  $1 : 20$ .

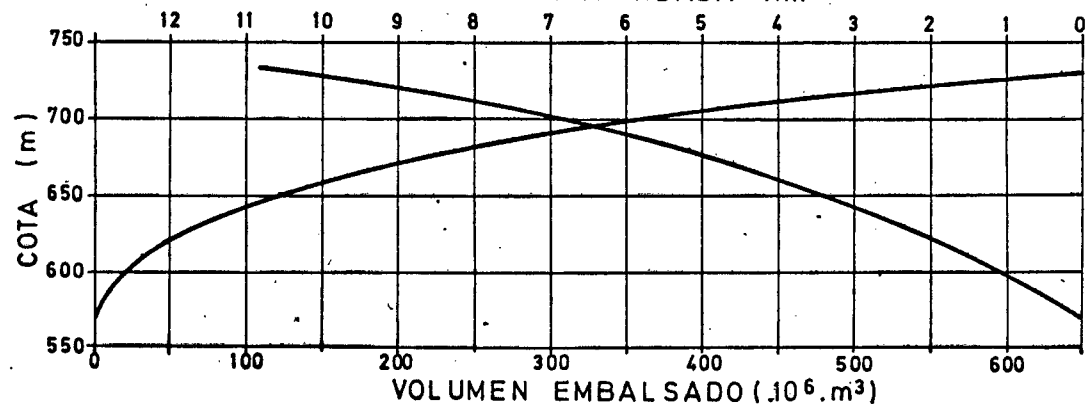
# EMBALSE MAULE MELADO RIO MELADO

## VOLUMEN DE LA PRESA



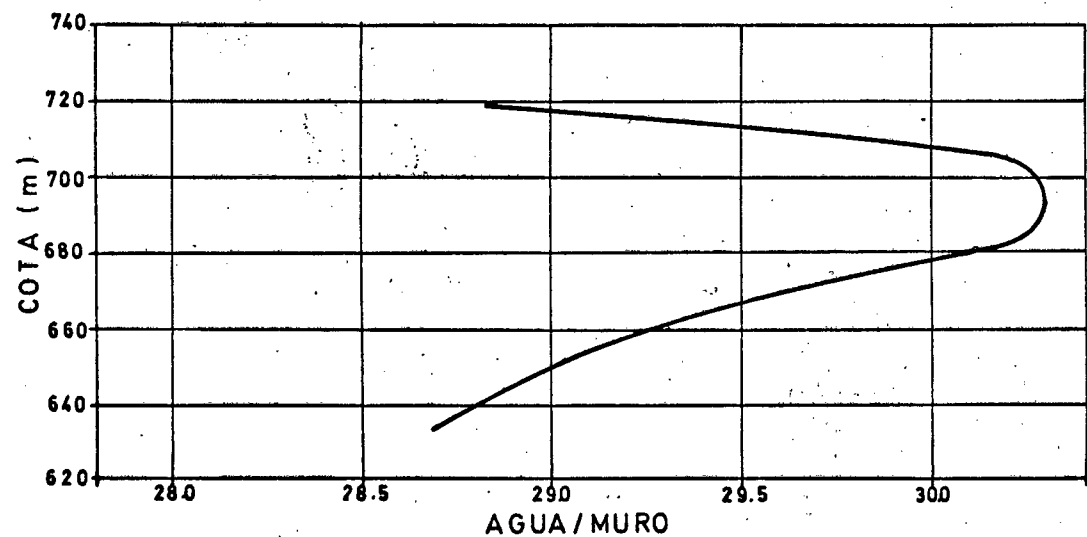
(A)

## CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE SUPERFICIE INUNDADA ( $\text{km}^2$ )



(B)

## RELACION AGUA/MURO



(C)

## **6.2 Embalse**

El río Melado tiene en la zona de inundación una pendiente de 1,0% y escurre por un angosto valle, por lo que el volumen acumulable en éste no es de magnitud importante. En el Gráfico B de la Figura 109 se muestran las curvas características del embalse.

La zona de inundación corresponde a terrenos de lecho de río y laderas de cerros que se encuentran cubiertos por matorrales y árboles de tamaño medio. En consecuencia con la creación del embalse no se afectaría a terrenos agrícolas.

## **6.3 Obras de entrega**

Lo más conveniente es usar el túnel de desviación como obra de entrega. Para adaptarlo a esta nueva función habría que instalar en su interior un par de válvulas y un dissipador de energía aguas abajo de éste.

Hay que señalar que el uso de esta obra de entrega sólo sería de uso eventual o parcial ya que los caudales se descargarían normalmente a través de la central hidroeléctrica que se ubicaría a orillas del río Maule unos 5 km aguas abajo de la confluencia de éste con el Melado.

## **II. Superficie por regar**

El pequeño volumen de regulación de este embalse, que alcanza a 130 millones de m<sup>3</sup>, y el hecho de estar en serie hidráulica con Colbún, sólo permiten decir que podría servir de apoyo a Colbún haciendo los operar a ambos en conjunto, no siendo posible evaluar en esta etapa los beneficios que aportaría al riego de la zona.

## **I. Conclusiones**

Con los antecedentes disponibles es posible asegurar que la construcción de esta presa es técnicamente factible. Sin embargo, parece que la justificación económica de esta obra sólo podría encontrarse en la generación de energía hidroeléctrica que alcanza en promedio a 2 900 millones de kWh al año en una central cuya capacidad es de 1500 000 kW. El Gráfico C de la Figura 109 muestra los valores de la razón agua/muro para distintas alturas de la presa obtenidos de los Gráficos A y B de esa misma figura. Como puede observarse, estos valores comprueban lo

afirmado anteriormente respecto al reducido interés que presentaría esta obra para el regadío zonal. En cambio, como embalse de propósito múltiple aparentemente sería plenamente justificable.

ENSALSE COLBON

**b.12.1.- Embalse Colbún**

El embalse Colbún ha sido concebido como un proyecto de uso múltiple para riego y energía. Su capacidad, 1 490 millones de m<sup>3</sup>, se ha determinado considerando los beneficios que la obra produciría tanto desde el punto de vista de riego como de energía.

A continuación se describen las características generales del embalse.

**A. Ubicación**

Para formar el embalse Colbún será necesario construir una presa de 116 m de altura, denominada Presa Principal, además de tres pretils menores que cerrarán portezuelos de poca altura existentes en los cerros que rodean el embalse.

La presa principal, que cerrará el cauce del río Maule en una angostura existente en los últimos cordones andinos del río Maule, estará situada unos 22 km al nororiente del pueblo Colbún (provincia de Linares). Las coordenadas geográficas del lugar de emplazamiento de la presa son 35°40' de latitud sur y 71°20' de longitud oeste.

El pretil El Colorado tiene por objeto cerrar, por el norte, el lago creado por la presa principal. Se extiende a lo ancho de la terraza El Colorado y se ubica aproximadamente en la división de las aguas que escurren hacia el río Maule y hacia el estero Perquín respectivamente.

El pretil Centinela cerrará una pequeña hondonada existente en la ubicación de la actual laguna Centinela, que se sitúa en la terraza que se extiende al norte de la presa principal entre ésta y el pretil El Colorado.

El pretil sur cerrará el portezuelo existente entre los cerros Chiburgo y Colbún, en la ribera sur del embalse.

El proyecto Colbún, de uso múltiple para riego y energía, consulta además de las obras mencionadas la construcción de dos centrales hidroeléctricas; la central Colbún y la central Machicura. La central Colbún se ubicará unos 300 m al interior del cordón de cerros que se sitúan frente al pueblo de Colbún y la presa de Machicura unos 7,5 km al surponiente de la presa principal del embalse Colbún. La central Machicura se situará al pie de la presa del mismo nombre.

El sitio donde se ubicará el embalse Colbún se muestra en la Figura 110.

La Figura 111 muestra una vista en perspectiva de las obras del proyecto Colbún.

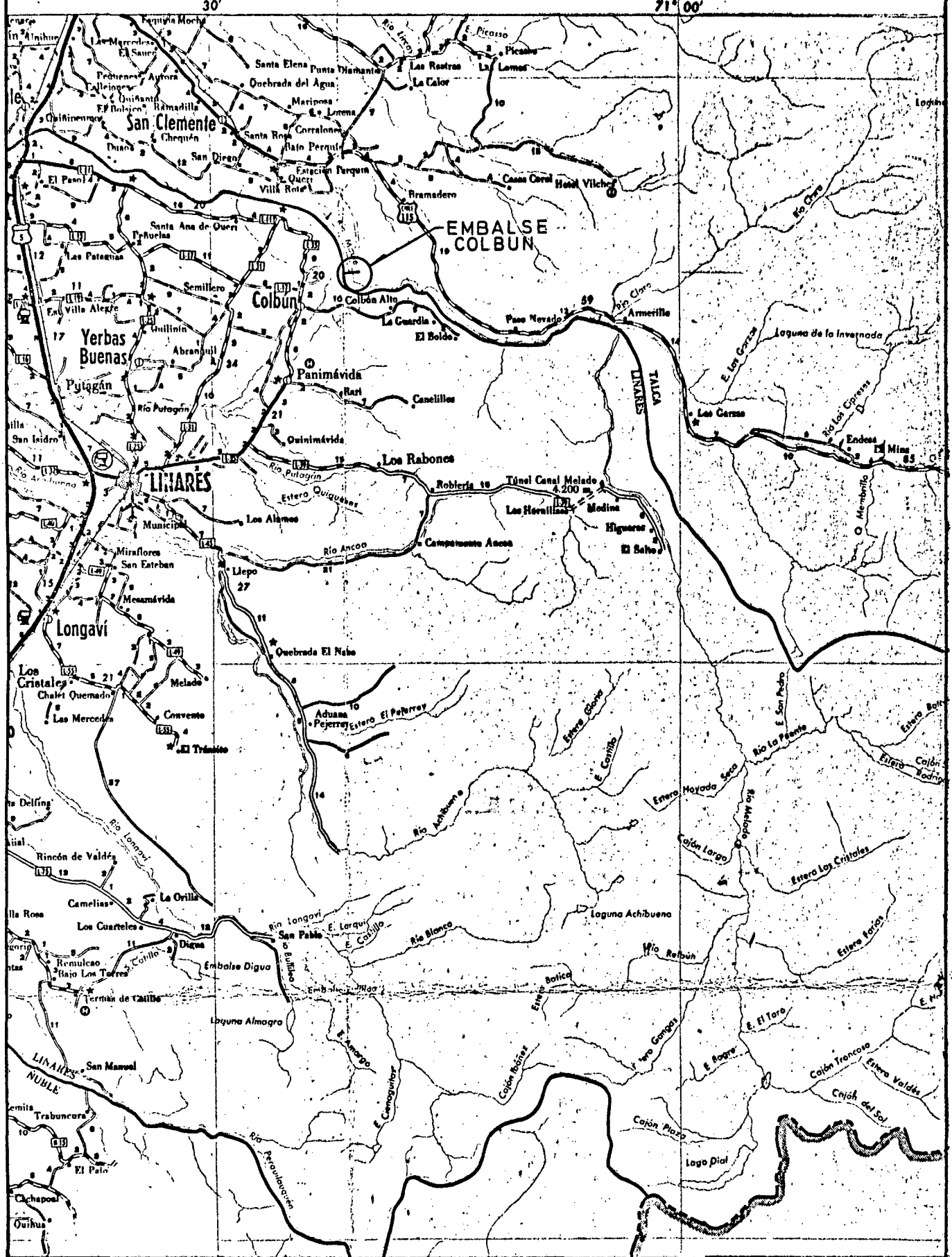
#### B. Accesos

Existen dos accesos a la presa principal del embalse Colbún. Uno de ellos el norte, es un camino que nace en la carretera panamericana en el lugar denominado Bobadilla (30 km al sur de Talca) y corre por el costado sur del valle del río Maule. La longitud total de este camino es de alrededor de 37 km. En sus primeros 10 km este camino es pavimentado y con un trazado más o menos recto. Los siguientes 20 km, hasta el lugar denominado El Llano, se caracterizan por ser de tierra, ripiados y transitables durante todo el año, aunque su trazado es inadecuado especialmente en su parte final que es bastante sinuoso. Los últimos 7 km, entre El Llano y la angostura Colbún, corresponden a un camino de tierra angosto que se desarrolla entre el río Maule y los canales Maule Sur, constituyendo el camino de borde de este canal. Este último tramo no es apto para el tránsito de vehículos de carga de gran tamaño, ni para circulación intensa de vehículos. La 2a. vía de acceso a la presa principal parte de la ciudad de Linares y pasa por los pueblos de Panimávida y Colbún hasta llegar a la zona de El Llano, lugar donde empalma con el acceso norte. El camino Linares-Colbún de 26 km de longitud tiene un trazado bastante adecuado, siendo pavimentados sus primeros 20 km, entre Linares y Panimávida. El camino entre Panimávida y El Llano (13 km de longitud) es de tierra, ripiado y transitable durante todo el año, siendo su trazado, en partes, muy sinuoso e inadecuado para el tránsito intenso. Por esta vía de acceso, la presa principal dista unos 40 km de la ciudad de Linares.

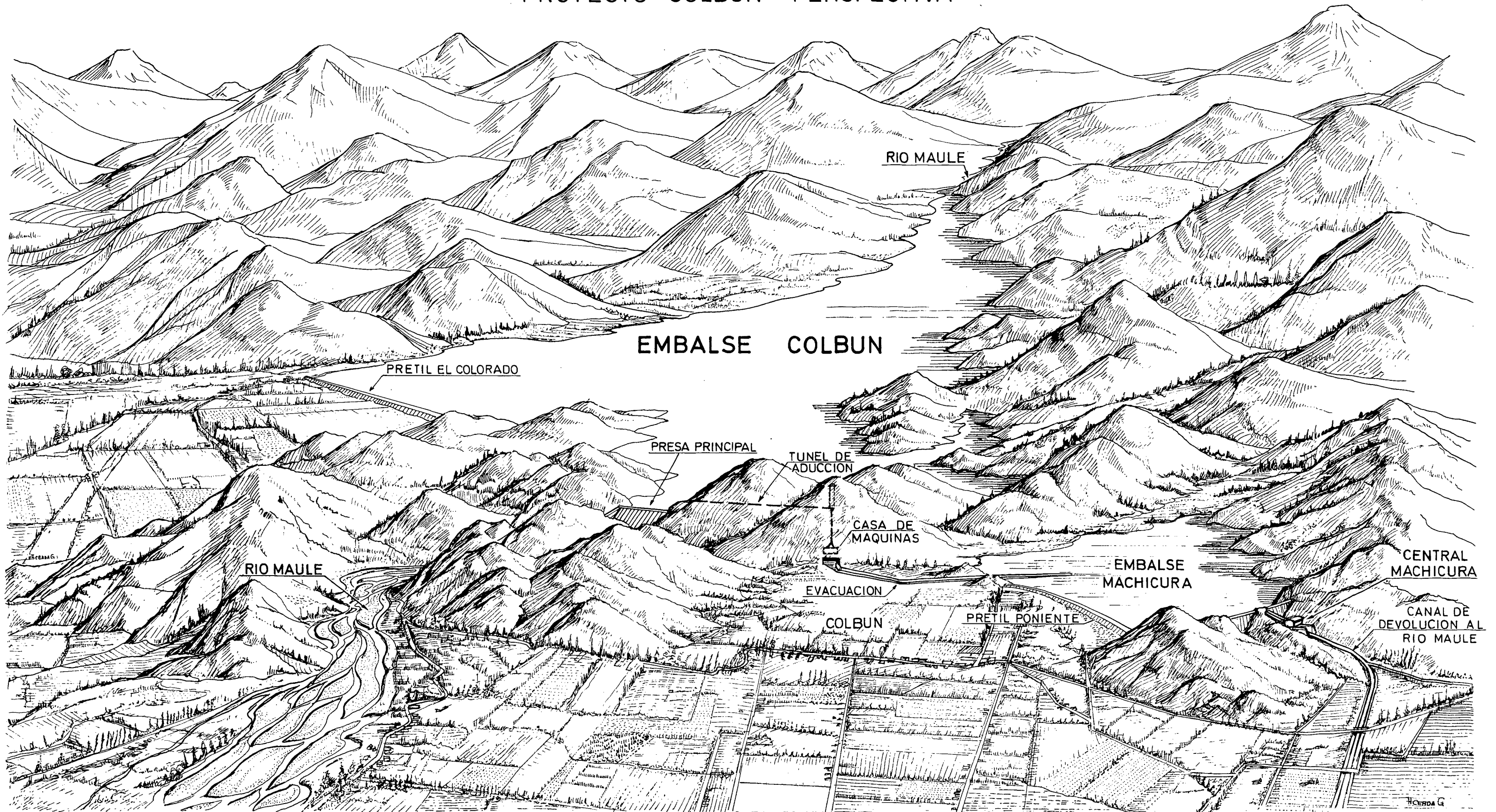
Además, se cuenta con acceso a la zona de pretilles El Colorado y Centinela por el camino que une la ciudad de Talca con las centrales Cipreses e Isla y que continúa hasta el paso fronterizo de El Pehuenche. La longitud de este camino entre Talca y El Colorado es de 51,5 km. La primera parte (25,5 km), entre Talca y la Estación Perquín, está pavimentada y con trazado bastante recto y adecuado para un tránsito intenso. La segunda parte, entre la Estación Perquín y El Colorado, consiste en un camino de tierra, ripiado, transitable durante todo el año y de trazado relativamente sinuoso.

# EMBALSE COLBUN PLANO DE UBICACION

FIGURA 110



PROYECTO COLBUN - PERSPECTIVA



ESTA PERSPECTIVA HA SIDO GENTILMENTE FACILITADA POR LA ENDESA.

Al pretil sur se puede llegar mediante el camino que va desde Colbén a Colbén Alto. Este camino es de tierra, de muy mala calidad y su trazado muy sinuoso siendo intransitable durante el invierno. Su longitud hasta el pretil sur es de 6 km aproximadamente.

### C. Hidrología

La superficie de la cuenca afluyente al embalse Colbén es de 5 710 km<sup>2</sup>.

Los datos relativos a la hidrología del embalse Colbén se han obtenido a base de las estadísticas de la estación fluviométrica Maule en Colbén. Esta estación se ubica en el punto de coordenadas 35°41'30" de latitud sur y 71°21' de longitud oeste. Conforme a las estadísticas de esta estación fluviométrica el caudal medio anual afluyente al embalse es de 263,6 m<sup>3</sup>/s. En un año 85% seco este valor se reduce a 177 m<sup>3</sup>/s. El volumen medio anual afluyente del embalse es de 8 281 millones de m<sup>3</sup>. El volumen afluyente al embalse en el período comprendido desde abril a septiembre alcanza a los 3 535 millones de m<sup>3</sup> y para un año 85% seco este volumen se reduce a 2 474 millones de m<sup>3</sup>.

Estos valores indican que en el período abril-septiembre el caudal afluyente al embalse es suficiente para copar su capacidad aún en un año seco. Sin embargo, razones de seguridad para las presas hacen que el llenado del embalse deba efectuarse durante el período de estiaje.

La precipitación media anual en la zona del embalse varía según la altura entre los 1 000 mm y 2 000 mm anuales.

### D. Topografía

Los antecedentes topográficos de que se han dispuesto para el estudio del embalse constan de:

- a) Planos a escala 1 : 10 000, dibujados en 26 láminas que abarcan una extensión de alrededor de 880 km<sup>2</sup>.
- b) Planos a escala 1 : 2 000 dibujados en 41 láminas que cubren alrededor de 83 km<sup>2</sup>.
- c) Planos a escala 1 : 500 que corresponden a la ubicación donde se implanarán las obras del proyecto y que abarcan alrededor de 120 h<sup>2</sup>.

Además de este conjunto de antecedentes se cuenta con los planos escala 1 : 50 000 correspondientes al levantamiento aerofotogramétrico del Instituto Geográfico Militar; de las fotografías a escala 1 : 20 000 del IREN (Instituto de Investigación de Recursos Naturales), de los mosaicos desarrollados por este mismo Instituto teniendo como base dichas fotografías y de las fotografías que han servido de base a los levantamientos aerofotogramétricos mencionados anteriormente.

Según los antecedentes anteriores, las características de los lugares donde se emplazarán las presas son las siguientes:

El ancho basal del valle en el lugar en que se ubicaría la presa principal es de 340 m, mientras que su ancho a la cota de coronamiento es de 530 m.

El pretil El Colorado cierra por el norte el lago formado por la presa principal y se extiende a lo largo de la terraza El Colorado. La hondonada que cierra este pretil presenta taludes de pendientes muy suaves, especialmente en el costado norte, y su longitud a la cota de coronamiento es de 2 640 m.

El pretil Centinela cerrará una pequeña hondonada existente entre la terraza que se extiende al norte de la presa principal entre ésta y el pretil El Colorado. La longitud de esta hondonada a la cota de coronamiento es de 330 m. Entre el pretil Centinela y El Colorado existe una zona cuya cota es algo inferior a la cota de coronamiento de las presas (aproximadamente 1 m). En este lugar será necesario construir un pequeño pretil de aproximadamente 200 m en su coronamiento.

El pretil sur cerrará el portezuelo existente entre los cerros Chiburgo y Colbón en la ribera sur del embalse. Este portezuelo tiene en la cota de coronamiento del pretil una longitud de 115 m.

El aspecto de la zona de emplazamiento de las presas puede observarse en las Fotos N°s 96-97 y 98, y en los cortes transversales de las Figuras 112 y 113.

La zona de inundación del embalse está compuesta fundamentalmente por laderas de cerro y pequeños terrenos agrícolas de escaso valor.

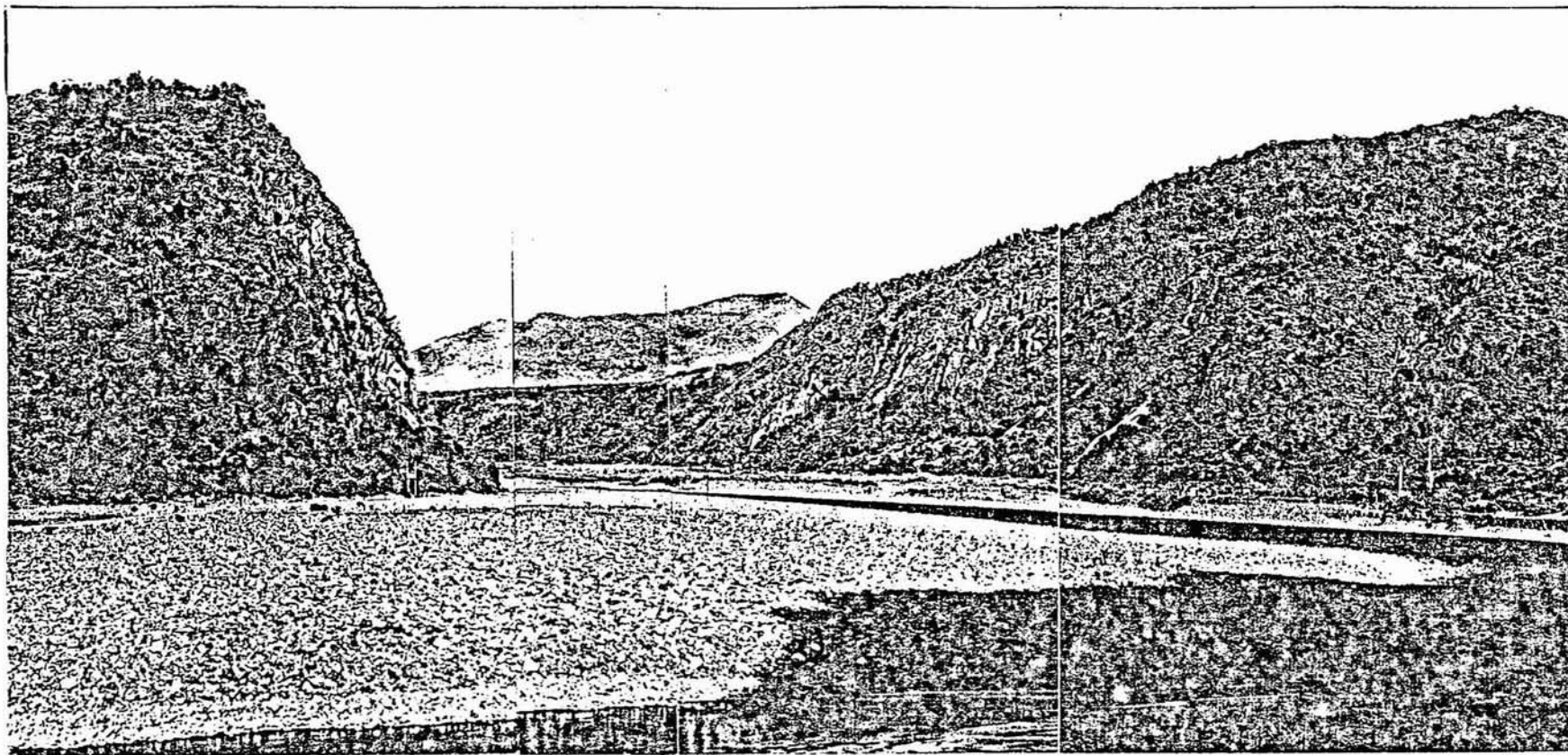


FOTO N° 96

Vista panorámica, tomada desde aguas abajo, de la angostura de la presa principal del embalse Colbún.

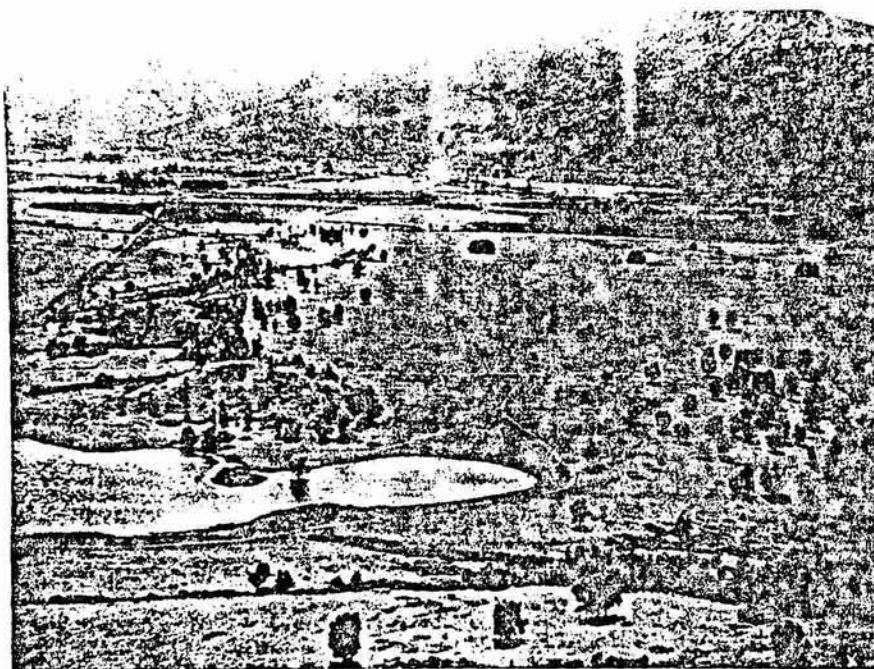


FOTO N° 97

Zona de emplazamiento de los pretiles norte.

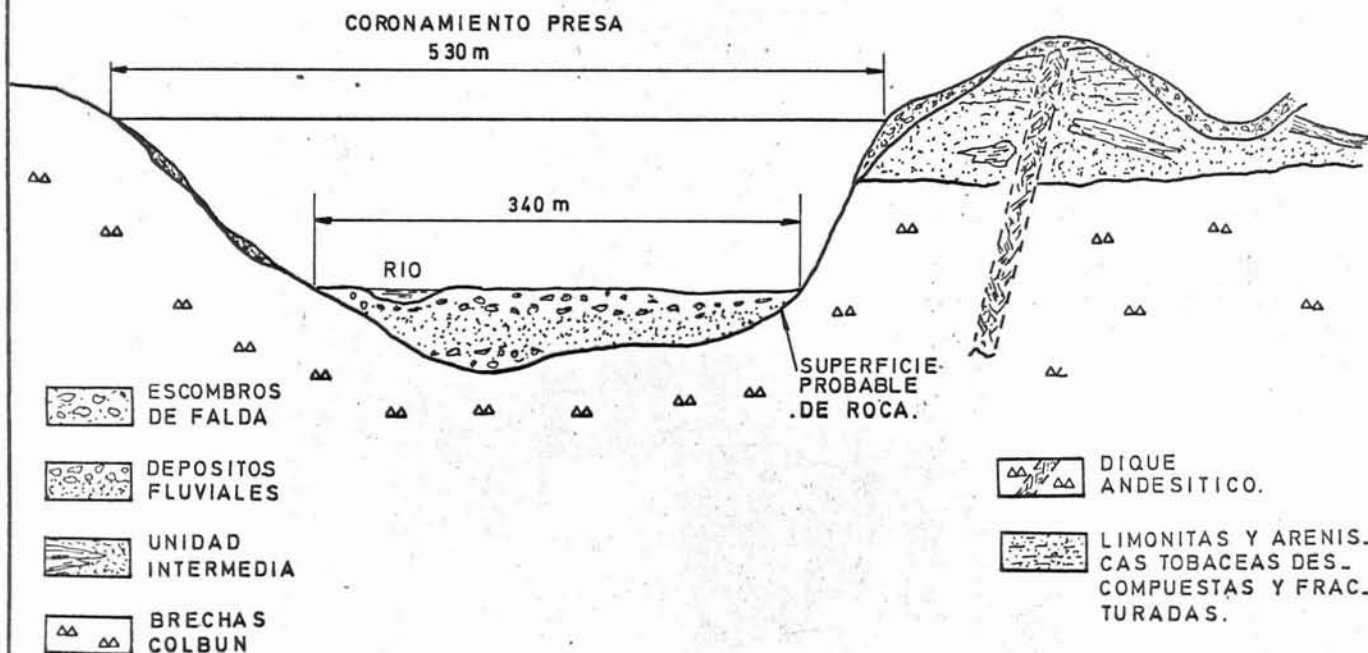


FOTO N° 98

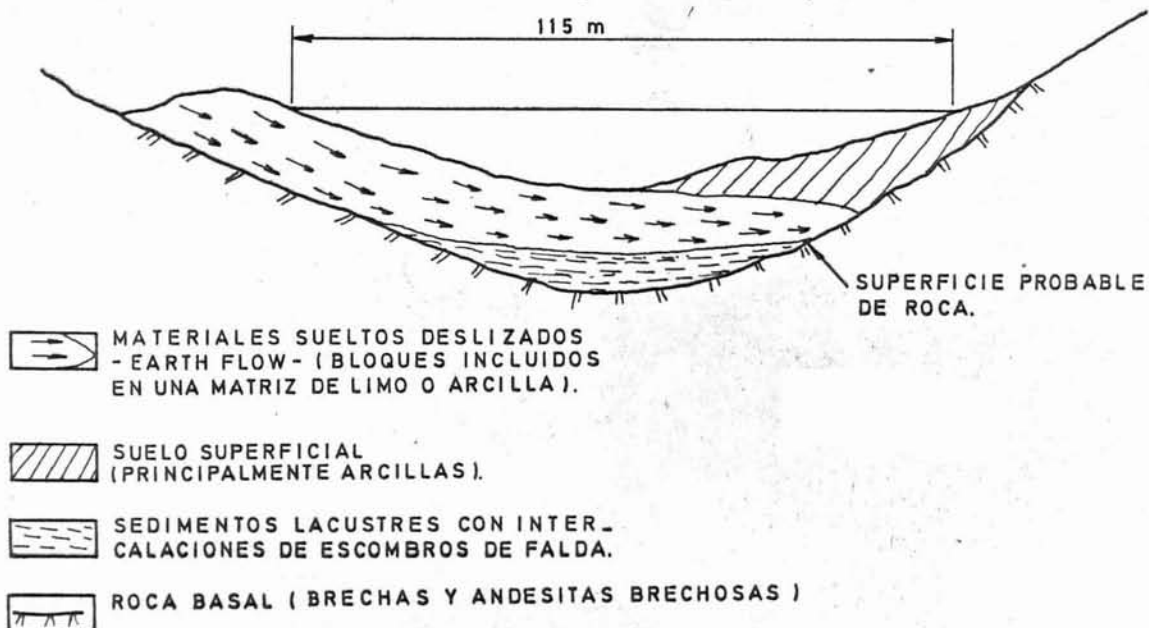
Zona de emplazamiento del pretil sur.

# EMBALSE COLBUN RIO MAULE

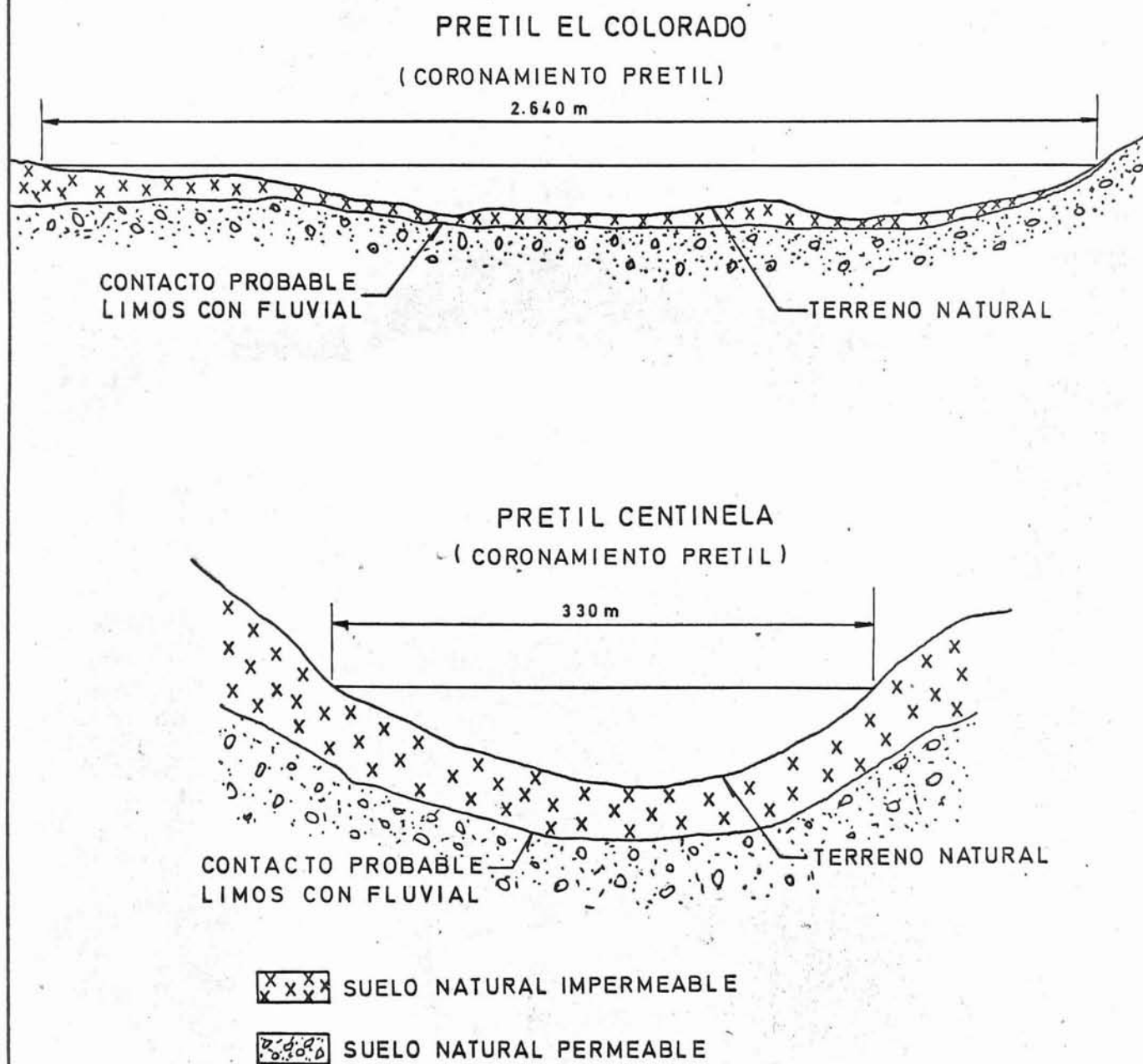
## CORTE TRANSVERSAL ZONA PRESA PRINCIPAL



## CORTE TRANSVERSAL ZONA PRETIL SUR



# EMBALSE COLBUN CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ZONA DE FUNDACION DE LOS PRETILES NORTE



## **E. Geología**

Existen numerosos informes relativos a la geología del embalse Colbén. Los antecedentes contenidos en ellos permiten formar el siguiente cuadro geológico general:

Las rocas que afloran en el área del proyecto forman una secuencia estratificada volcánico-sedimentaria, que se puede asignar a la formación Cola de Zorro de edad Terciaria Superior (miopliocena). Existen además numerosos diques y filones mantos, de carácter andesítico que cortan a esta secuencia en todas direcciones. Sobre este conjunto de rocas (estratificadas o intrusivas) se desarrollan los sedimentos Cuaternarios no consolidados de carácter fluvial, fluvio-glacial, eólicos y escombros de falda.

Atendiendo al carácter lito-estratigráfico de la secuencia volcánico-sedimentaria es posible subdividirla en tres unidades principales.

### **Unidad inferior**

Corresponde a estratos sedimentarios, constituidos principalmente por brechas, cuyos afloramientos típicos forman la angostura donde se construirá el muro principal. Incluye además algunos niveles de tobas y areniscas.

### **Unidad intermedia**

Tiene niveles volcánicos y sedimentarios, sus contactos son concordantes con la unidad inferior y superior. En la base de esta unidad existen sedimentos finamente estratificados de tipo lutitas, areniscas finas y tobas. Sobre estos sedimentos finos se desarrolla una alternativa de estratos gruesos, formados por brechas sedimentarias y volcánicas, andesitas basálticas, areniscas y delgadas capas de lutitas, todos los cuales corresponden a la zona de transición entre el ambiente sedimentario de la unidad inferior y principalmente volcánico de la unidad superior.

Este tipo de rocas se puede observar en algunas zonas del apoyo norte del muro principal.

### Unidad superior

Corresponden a estratos principalmente volcánicos representados por basaltos, andesitas basálticas en parte brechosas, con escasas intercalaciones sedimentarias principalmente del tipo brechas. Los afloramientos más representativos de esta unidad están en la parte superior del cordón de cerros ubicados inmediatamente al norte del apoyo derecho del muro principal.

Esta secuencia volcano-sedimentaria muestra evidencias de haber sido afectada por un intenso tectonismo de bloques, que dispuso a las tres unidades lito-estratigráficas descritas anteriormente, a lo largo de dos sistemas de fallas normales de desplazamiento vertical. La edad de este tectonismo debe ser Pliocénico Superior, pudiendo haberse desarrollado durante el Pleistoceno inferior (cuaternario superior). En la zona de la presa principal no hay evidencias en superficie de reactivación reciente de estas fallas. Sin embargo, en la zona del alto del Colorado habrían evidencias de movimientos Pleistocénicos a recientes.

Con estos movimientos tectónicos se produjo una serie de bloques que en forma escalonada bajaron los niveles estratigráficos hacia el oeste. De esta forma se obtuvo una morfología de mesetas o "Plateau" formada por estratos con disposición monoclinas, suavemente inclinados al este ( $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ), y separados por fallas de carácter regional.

El sistema principal de fallas tiene rumbo general N25°E con movimientos que permitieron el descenso de los bloques occidentales con respecto a los orientales. Una de las fallas importantes de este sistema tiene su traza principal en el portezuelo de la rinconada El Lirio y continúa hacia el sur siendo probable que alcance hasta Panimávida y Quinamávida.

El segundo sistema de falla, menos importante que el anterior, tiene un rumbo general N60°-70W. Una de estas fallas comprometería aparentemente sin mayor importancia, la roca basal de la zona del perfil sur.

Además de los rasgos geomorfológicos de carácter netamente tectónicos ya descritos, hay que destacar la existencia de dos valles para el río Maule. Uno antiguo, sepultado bajo un potente relleno Cuaternario de más de 350 m de espesor máximo que se ubica en la región del Colorado. Según los antecedentes geológicos disponibles es posible que además de la erosión fluvial y glacial que profundizó este cauce, también haya existido un control estructural. El levantamiento de

algunos bloques estructurales en esta zona podría haber causado el cambio de dirección de las aguas. En cambio, el otro valle, el actual, que forma la angostura donde se ubicará la presa principal, parece haber sido producto de una erosión fluvial. En el lugar de la presa existe un relleno altamente permeable de hasta 60 m de espesor. La Figura 114 presenta un perfil geológico de la zona del río Maule que muestra los valles antiguo y reciente.

Existen dos áreas en la zona del proyecto que pueden dar lugar a infiltraciones importantes. Estas son el sitio de la presa principal y la zona de El Colorado.

En El Colorado se presenta un relleno de más de 350 m de espesor formado por una capa superior de ceniza volcánica cuyo espesor alcanza en algunos lugares hasta 22 m. Bajo esta capa de permeabilidad reducida se presenta un gran horizonte de arenas, gravas y ripio de alta permeabilidad hasta una profundidad de 100 m, a continuación y hasta una profundidad de más de 200 m se encuentra un depósito de limos arcillosos arenosos de origen lacustre de baja permeabilidad. Una segunda capa de materiales gruesos se extiende hasta el lecho de roca que en las zonas más profundas aparece más allá de los 350 m. El lecho de roca subyacente consiste en brechas.

En la zona de la presa principal, el lecho de roca constituido por brechas con intercalaciones de tobas, areniscas finas y filones de andesita, se encuentra a profundidades entre 40 y 60 m.

La cubierta de depósitos fluviales gruesos, sobre la cual se fundaría la presa principal, es muy permeable. Su espesor fluctúa entre 40 y 60 m en el centro del valle, disminuyendo paulatinamente hacia las orillas. Para lograr la estanquidad del embalse es indudable que es necesario realizar algún tratamiento de impermeabilización.

La permeabilidad de la roca, a causa de las numerosas fracturas y fisuras, se estima que no es muy baja, pero en todo caso no se presentarían problemas de pérdida de agua ya sea en el lecho del río como en las laderas rocosas que cierran la angostura.

La información geológica disponible para la zona del perfil sur indica la presencia de un portezuelo rocoso producido por un proceso de erosión controlado por una zona de falla. Posiblemente las rocas basales serían del tipo brecha, las que se pueden considerar impermeables. Se estima que la presencia de la falla no debería ser un obstáculo debido a la pequeña convergencia de la obra.

# RIO MAULE EMBALSE COLBUN

## PERFIL GEOLOGICO ESQUEMATICO DE LA ZONA DEL PROYECTO COLBUN

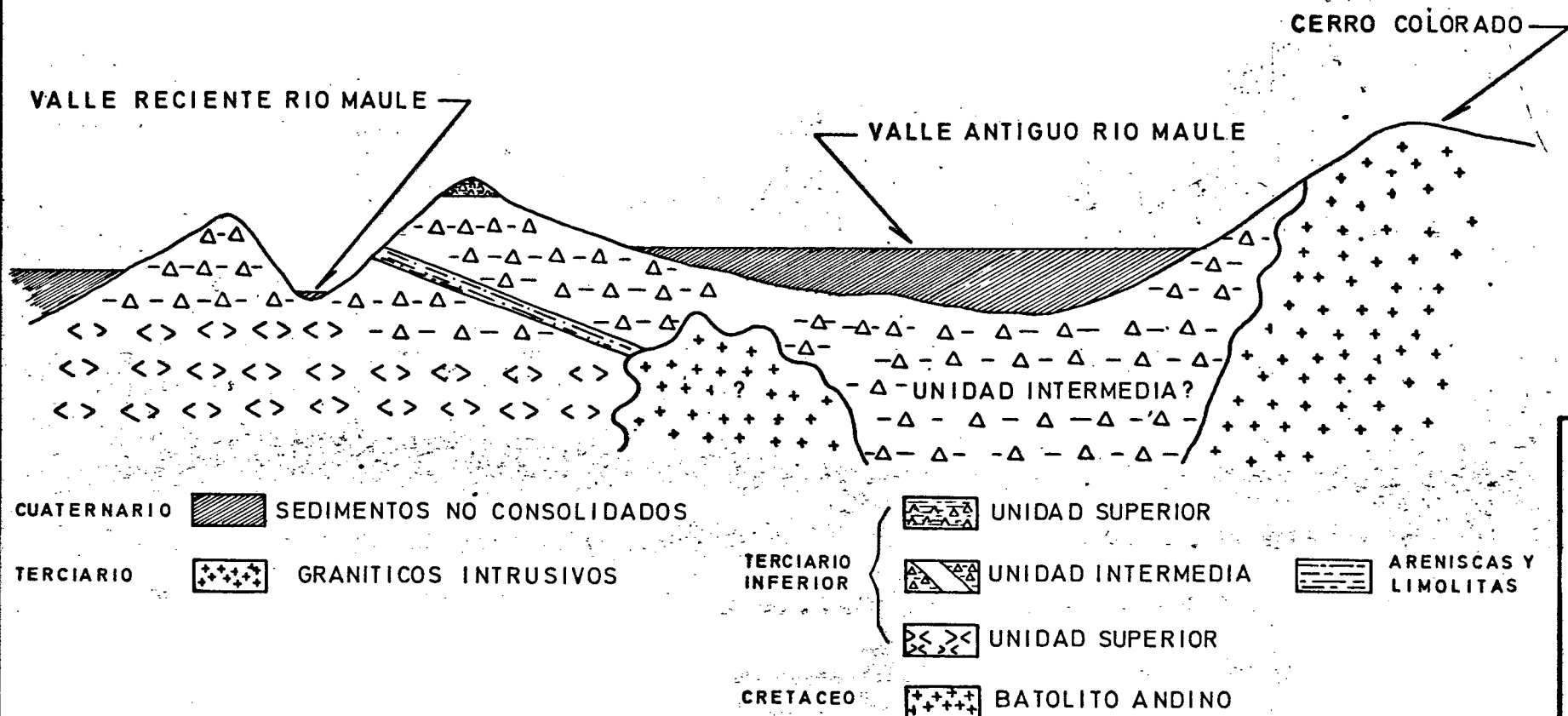


FIGURA 114

El portazuelo donde se ubicará el pretíl sur se ha formado por la acumulación de sedimento arcilloso, los que a su vez fueron cubiertos por un depósito de tipo flujo de tierra, proveniente del talud sur de la quebrada.

Las Figuras 112 y 113 muestran cortes geológicos por la zona de emplazamiento de las presas.

#### F. Geotecnia

La presa principal se fundará sobre el fluvial del lecho del río Maule, cuyo espesor en el centro del valle alcanza valores de 40 m a 60 m. Debido a que estos fluviales son altamente permeables será necesario disponer un tratamiento para impermeabilizar la fundación. Se ha considerado la ejecución de una pantalla delgada de hormigón plástico ("pared moldeada"). Esta pantalla deberá tener una longitud algo superior a los 300 m y se excavará hasta la roca fundamental, su superficie alcanzará a aproximadamente 15 000 m<sup>2</sup>.

La roca de los empujamientos y de la fundación de la presa principal, que presenta múltiples fracturas y fisuras, será tratada con una cortina de inyecciones.

Los materiales permeables de la presa principal serán gravas con arena y poco o nada de finos, de los cuales se cuenta con amplias disponibilidades en la zona. Se han considerado dos posibles yacimientos: uno de ellos, en el mismo lecho del río Maule, aguas abajo de la angostura y el otro, en una terraza llamada Bajo La Madera, situada aguas arriba del muro principal y a una cota superior a la de fundación correspondiente a la atagüa de aguas arriba.

Los materiales del núcleo de la presa principal serán del tipo arenas arcillosas, para los cuales se cuenta con un yacimiento en la llamada terraza El Llano, ubicada a unos 5 km al poniente de la presa. Las zonas de transición entre el núcleo y los espaldones permeables estarán constituidas por arenas y gravas bien graduadas que se pueden obtener de los mismos yacimientos permeables realizando una adecuada selección. El enrocado de protección del talud de aguas arriba requerirá piedras del orden de 1 ton de peso equivalente a un diámetro de 0,70 m. En el lecho del río Maule, a pesar de la gran abundancia de bolones no se encuentran los del tamaño o peso necesarios para estos efectos. Será necesario explotar una cantera de rocas graníticas, materiales que no se encuentran en las cercanías de la presa principal. Los

afloramientos graníticos más cercanos se encuentran en la cabecera del embalse Colbún a unos 12 km de la presa principal.

Gran parte del pretil El Colorado quedará apoyado sobre suelos gruesos semipermeables de origen fluvial. Sólo en el empotramiento izquierdo ella se apoyará en suelos finos (límos). En estas zonas, donde la presa quedará fundada en límos, se contempla la construcción de banquetas estabilizadoras con el fin de dar a la presa y sus fundaciones la seguridad que presentará en el sector fundado en fluvial. Para el control de las filtraciones que se desarrollarán bajo la presa, se contempla la realización de un sistema de drenaje compuesto por alambres drenantes, zanjas drenantes y pozos de alivio. La impermeabilización del horizonte permeable que llegaría hasta profundidades de 100 m sería muy difícil y costosa y las estimaciones consideran que las pérdidas de agua por filtraciones no serán importantes ni significativas para el proyecto (no superior a los 500 lt/s).

Los materiales impermeables que constituirán gran parte del pretil El Colorado serán gravas y arenas limosas que provendrán de un yacimiento ubicada en el fundo La Esperanza, aproximadamente 4 km al suroccidente del pretil. Los materiales permeables que formarán la pequeña escollera que cubrirá el talud de aguas arriba se obtendrán del yacimiento ubicado en la terraza del Baño La Madera.

El pretil Continela quedará fundado sobre límos de mediana consistencia, lo que obligará a construir banquetas estabilizadoras con el fin de dar a la presa y su fundación la seguridad adecuada a una falla por corte. Los materiales para la construcción de este pretil se obtendrán de los mismos yacimientos que se utilizarán para el pretil El Colorado.

El pretil sur se fundará sobre los suelos existentes en el portezuelo que se ha formado por la acumulación de sedimento arcilloso, los que fueron cubiertos por un depósito de flujo de tierra. Los materiales necesarios para la construcción de este pretil, que serán del mismo tipo que los de su fundación, se obtendrán de lugares vecinos a su emplazamiento.

Los túneles de desviación que, una vez terminada la construcción de la presa, permitirán entregar los caudales necesarios para riego serán revestidos con hormigón en su mitad inferior, en tanto que en la parte superior llevarán hormigón proyectado, salvo en algunos sectores en que debido a la calidad de la roca deberán revestirse totalmente.

## **6. Características de las obras de embalse**

### **6.1 Presas**

El embalse Colbón, cuya capacidad será de 1 490 millones de m<sup>3</sup>, consulta la construcción de cuatro presas, denominadas presa principal, perfil El Colorado, perfil Centinela y perfil Sur.

#### **Presa principal**

La presa principal será un muro de tierra de alrededor de 14 000 000 m<sup>3</sup> de volumen, 116 m de altura máxima y 552 m de longitud de coronamiento, cuyo ancho será de 15 m. Su talud de aguas arriba será variable entre 2,3 : 1 y 2,5 : 1 y el de aguas abajo entre 1,9 : 1 y 2,0 : 1. El muro estará constituido básicamente por rellenos permeables y un núcleo central impermeable, el cual se dispondrá con una ligera inclinación hacia aguas arriba. Entre ambos tipos de materiales se colocarán materiales graduados a modo de filtro. El talud de aguas arriba se protegerá con enrocados. El núcleo de la presa tendrá un espesor mínimo de 8 m en el coronamiento y 35 m en la base.

Durante la construcción de la presa principal el río Maule será desviado a través de dos túneles excavados en la ribera derecha, siendo necesario además construir una atagüa aguas arriba de la presa.

Los túneles de desviación serán de sección ovoidal de 16,10 m de alto y 13,20 m de ancho útiles. Serán revestidos con hormigón en su parte inferior, en tanto que en la mitad superior llevarán hormigón proyectado, salvo en los sectores en que la calidad de la roca exija el revestimiento completo de la sección. Sus longitudes serán 783 y 862 m, respectivamente.

La atagüa se dispondrá de tal manera que pasará a formar parte del cuerpo de la presa principal. El ancho de coronamiento de la atagüa será de 10 m y sus taludes serán 2,5 : 1 el exterior y 2,0 : 1 el interior. Su altura será aproximadamente 35 m.

Las obras de seguridad del embalse destinadas a evacuar los caudales de crecida, consistirán en un vertedero frontal situado en el empotramiento derecho (norte) de la presa principal seguido de un rápido exterior que terminará en un salto de esquí. Este último descargará las aguas directamente al lecho del río a una adecuada distancia del pie de aguas abajo de la presa. El caudal de diseño del vertedero es de 7 500 m<sup>3</sup>/s lo que, considerando el poder regulador del embalse, permí-

tirá evacuar la crecida milenaria, cuyo gasto máximo se ha estimado en 8 500 m<sup>3</sup>/s.

#### Pretil El Colorado

Tiene por objeto cerrar por el norte el lago creado por la presa principal. Se extiende a lo ancho de la terraza El Colorado y se ubica aproximadamente en la divisoria de las aguas que escurren hacia el río Maule y hacia el estero Perquiá respectivamente. Este pretil será un muro de tierra de 35 m de altura máxima, 2 640 m de longitud y ocupará un volumen total de 3 820 000 m<sup>3</sup>.

La presa será de tipo homogénea con una pequeña escollera de materiales permeables en el talud de aguas arriba. Este talud tendrá una inclinación de 3 : 1 mientras que el talud de aguas abajo tendrá una inclinación de 2,5 : 1. El talud de aguas arriba se protegerá con enrocados y el de aguas abajo con vegetación.

#### Pretil Centinela

Cerrará una pequeña hondonada existente en la ubicación de la actual laguna Centinela, que se sitúa en la terraza que se extiende al norte de la presa principal entre ésta y el pretil El Colorado.

Será una presa de tipo homogénea con una pequeña escollera de materiales permeables por aguas arriba. Tendrá una altura máxima de 19 m y una longitud de coronamiento de 360 m, siendo el ancho de éste 10 m. Sus taludes, tanto de aguas arriba como de aguas abajo, tendrán una inclinación de 3 : 1. Su volumen total será de 453 000 m<sup>3</sup>.

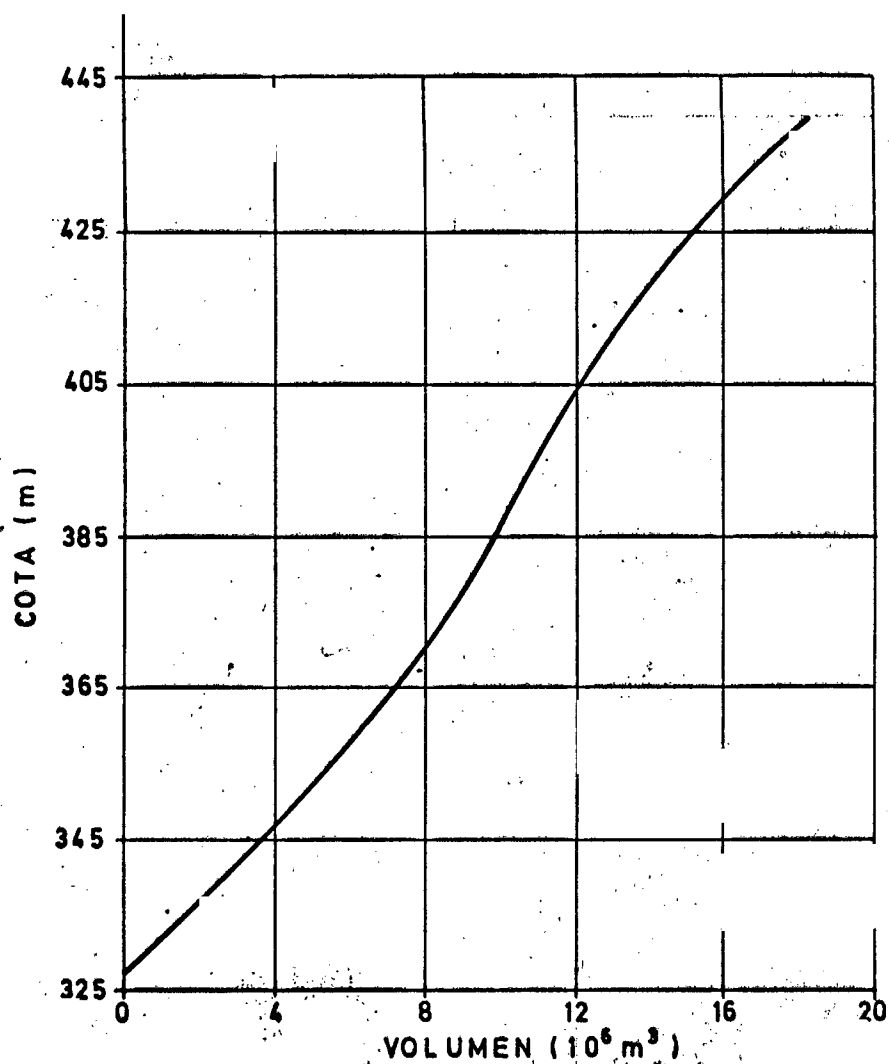
#### Pretil Sur

Este pretil cerrará el portezuelo existente entre los cerros Chiburgo y Colbún en la ribera sur del embalse. Será una presa del tipo homogénea con talud de aguas arriba inclinado en 3 : 1, protegido por enrocado y talud de aguas abajo con pendiente 2,5 : 1, protegido con pasto. Tendrá una altura máxima de 17 m, una longitud de 125 m en el coronamiento y un volumen total de 61 000 m<sup>3</sup>.

La Figura 115 muestra la curva de volúmenes de presa en función de la cota de coronamiento de ella.

Las Figuras 116 y 117 muestran perfiles longitudinales por cada una de las presas del embalse Colbún. En el caso del pretil El Colorado se muestran perfiles característicos de distintas zonas de él.

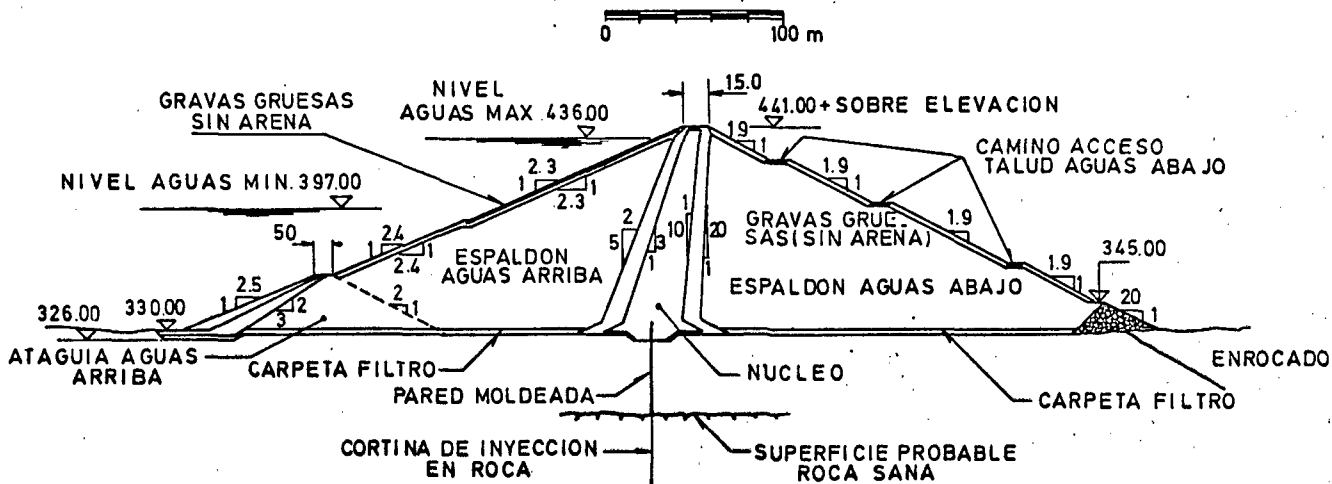
EMBALSE COLBUN  
RIO MAULE  
VOLUMEN ESTIMADO DE LAS PRESAS



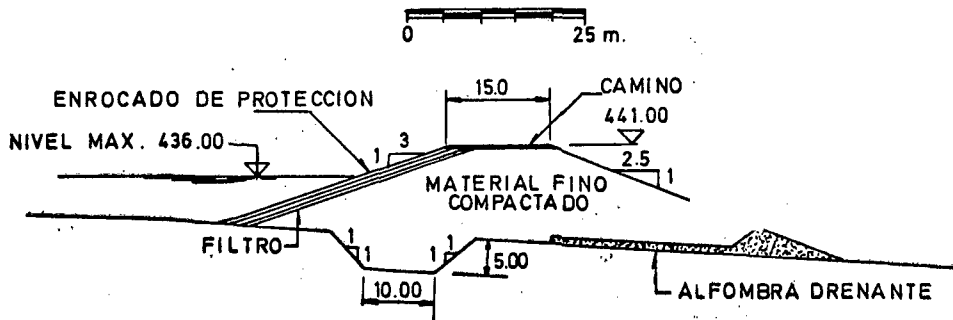
EMBALSE COLBUN  
RIO MAULE

PERFILES LONGITUDINALES POR EL EJE  
DE LA PRESA PRINCIPAL Y DEL PRETIL SUR

## PRESA PRINCIPAL

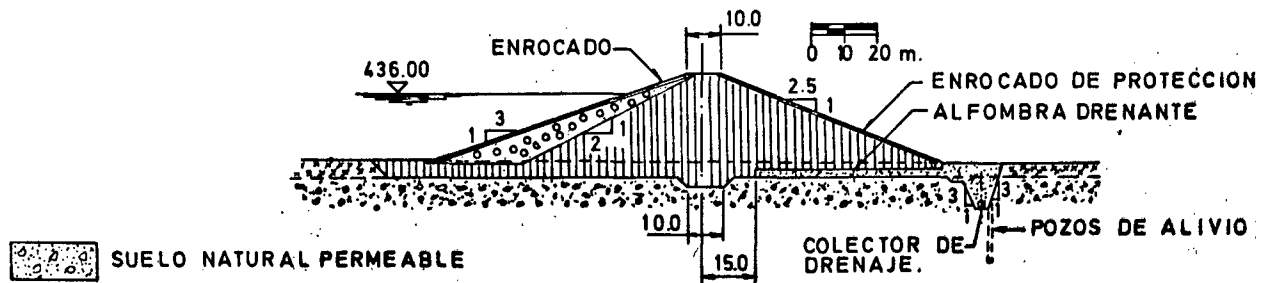


PRETIL SUR



# EMBALSE COLBUN RIO MAULE PERFILES LONGITUDINALES EN PRETILES NORTE

## PRETIL EL COLORADO ZONA VECINA AL APOYO DERECHO



 SUELO NATURAL PERMEABLE

 SUELO NATURAL IMPERMEABLE

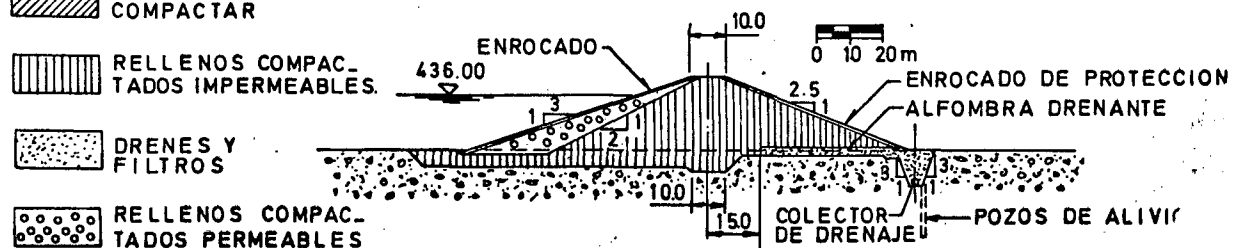
 RELLENO SIN COMPACTAR

 RELLENOS COMPACTADOS IMPERMEABLES.

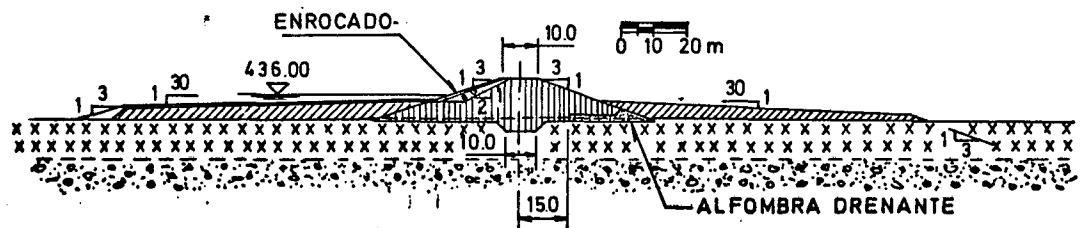
 DRENES Y FILTROS

 RELLENOS COMPACTADOS PERMEABLES

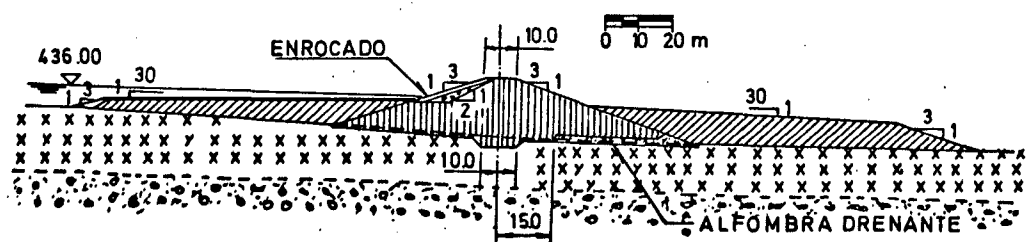
## ZONA VECINA AL EJE



## ZONA VECINA AL APOYO IZQUIERDO



## PRETIL CENTINELA PERFIL POR EL EJE



## **G.2 Embalse**

De los valores medidos en los planos topográficos a escala 1 : 10 000 se han deducido las curvas de superficie inundada y volúmenes acumulados que se muestran en el Gráfico A de la Figura 118. De acuerdo a estas curvas la presa, cuya cota de coronamiento es la 441 m y cuyo nivel de aguas máximas alcanza a la cota 436 m, inundará una superficie de 46 km<sup>2</sup>. El volumen total embalsado alcanza a los 1 490 millones de m<sup>3</sup>. De éstos, 1 104 millones de m<sup>3</sup> corresponden al volumen de regulación (entre las cotas 436 m y 397 m) y 386 millones de m<sup>3</sup> al volumen muerto situado bajo la cota mínima de fluctuación.

El volumen que aporta el río Maule al embalse en un año normal, en el período que va de abril a septiembre es de 3 535 millones de m<sup>3</sup>. Este valor se reduce a 2 474 millones de m<sup>3</sup> en un año 85% seco, valor superior a la capacidad del embalse.

El Gráfico B de la Figura 118 muestra la relación agua/muro del embalse.

La zona de inundación del embalse se compone fundamentalmente de laderas de cerro que en algunas zonas presentan taludes con pendientes fuertes. La totalidad de estos taludes son estables para condiciones de embalse lleno, esperándose sólo algunos deslizamientos en caso de sismos de gran magnitud. En caso de descensos bruscos del nivel del embalse se producirán deslizamientos de taludes de magnitud moderada que no producirán problemas. Ellos tampoco alterarán la capacidad del embalse dado que en gran parte se desarrollarán bajo el nivel de aguas máximas de éste. Las zonas en que pueden desarrollarse estos deslizamientos corresponden a la terraza El Colorado y a Colbún Alto.

## **G.3 Obras de entrega**

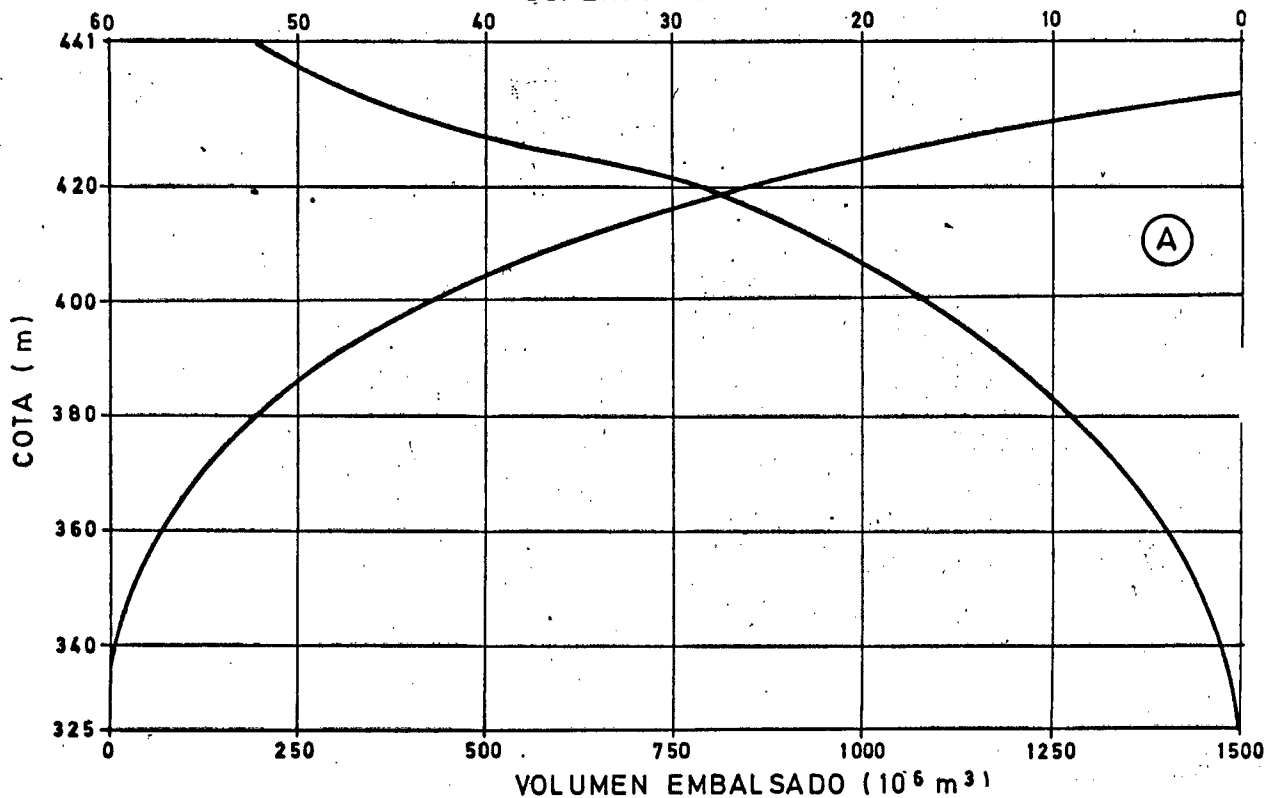
El embalse Colbún deberá entregar al río Maule, inmediatamente aguas abajo de la presa principal, un caudal estimado en alrededor de 23 m<sup>3</sup>/s. Este caudal se descargará al río mediante válvulas que se dispondrán en uno de los túneles de desviación. Ese mismo túnel actuará como desagüe de fondo del embalse permitiendo vaciarlo mediante el accionamiento de compuertas ubicadas bajo las válvulas de entrega. El acceso a las válvulas de entrega y compuertas del desagüe de fondo se materializará a través de un pique vertical.

Además de las entregas mencionadas anteriormente el embalse deberá alimentar el canal de restitución Machicura. Esta entrega se efectuará a través de las obras de las centrales Colbún y Machicura.

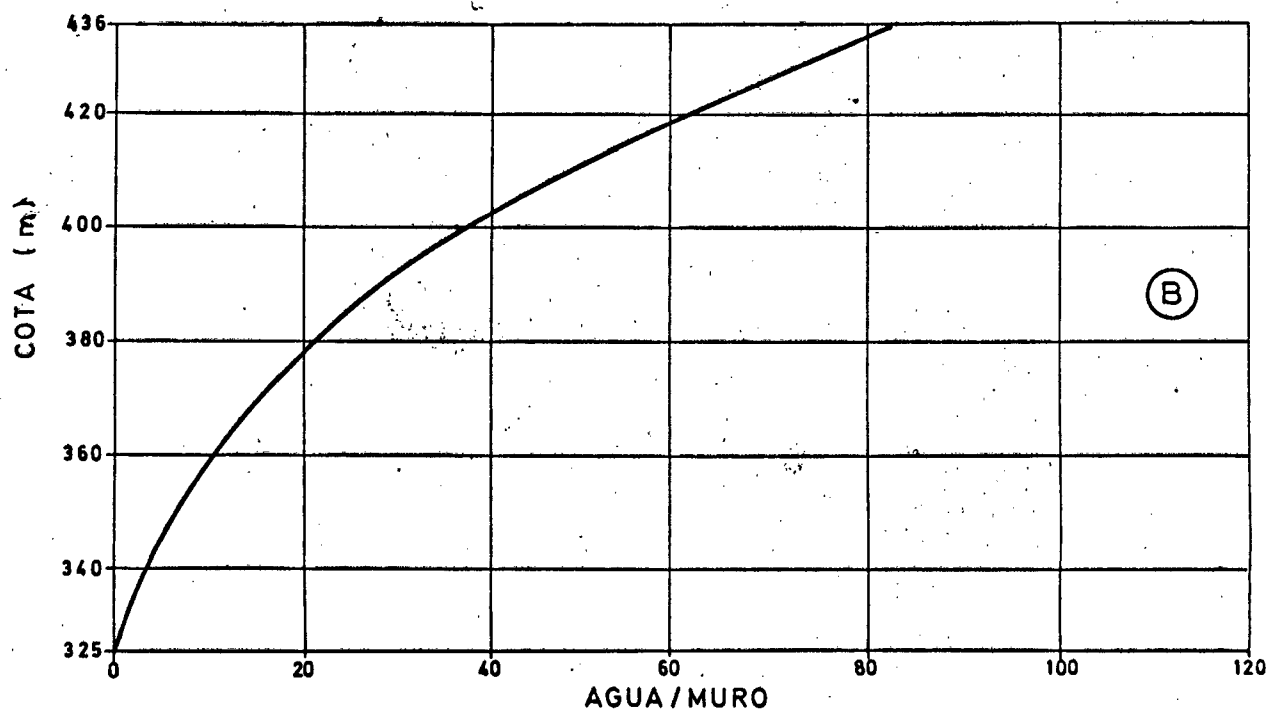
# EMBALSE COLBUN

## CURVAS CARACTERISTICAS

SUPERFICIE INUNDADA (Km<sup>2</sup>)



RELACION AGUA-MURO



## **II. Superficie por regar**

El embalse Colbún actuará como complemento del resto de los embalses que regularán los recursos hídricos de la cuenca del río Maule. Las aguas de este embalse complementarán el riego de toda la zona comprendida entre el río Claro, por el norte, y el río Niquén, por el sur y ubicada bajo el canal de restitución Machicura, el canal Tronco Linares y Nuevo Perquillanquén-Niquén.

## **I. Conclusiones**

La capacidad del embalse Colbún es pequeña en relación con los caudales afluentes a él. Conforme a la topografía del terreno no sería posible construir una presa de más altura.

Razones de seguridad debidas a las características de las presas obligan a que el proceso de llenado del embalse sea lento. Se deberá comenzar este proceso durante el período de estiaje para finalizarlo a comienzos de abril, época en que podrían producirse fluctuaciones bruscas del nivel de agua debidas a posibles crecidas pluviales.

Todos los estudios realizados hasta el presente indican que este proyecto de uso múltiple es factible técnica y económicamente. Con su materialización no sólo se desarrollará una importante fuente de energía, sino que también se podrán solucionar efectivamente los problemas relacionados con el riego de gran parte del sector del valle central de la cuenca del Maule. La relación agua/metro, para la altura de las presas propuesta, alcanza a valores algo superiores a 20 lo que muestra la bondad del proyecto desde el punto de vista del riego aún sin considerar la generación hidroeléctrica.